



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

**EVALUACIÓN DE SELENIO ORGÁNICO SOBRE LOS
PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CARACTERÍSTICAS DE
LA CANAL EN CERDOS DE ENGORDA**

TESIS

Que presenta:

Michelle Anahí Estrada Gijón

Como requisito parcial para obtener el grado de:

INGENIERA AGRÓNOMA

Director de tesis:

Dr. Angel Trinidad Piñeiro Vázquez

Conkal, Yucatán, México

Septiembre, 2022



TecNM

La presente Tesis fue realizada por Michelle Anahí Estrada Gijón de la carrera de Ingeniería en Agronomía, con orientación en Producción Animal Sostenible y con el número de control 17800285, con el título “Evaluación de Selenio orgánico sobre los parámetros productivos y características de la canal en cerdos de engorda”, la cual fue dirigida, asesorada y revisada por el comité que fue asignado en su oportunidad, y cuyos integrantes firman su consentimiento para que este trabajo sea presentado como requisito parcial para la titulación, de acuerdo al Proceso de Titulación Integral y al Manual de Lineamientos Académicos-Administrativos del Tecnológico Nacional de México.

DIRECTOR: _____



DR. ANGEL TRINIDAD PIÑEIRO VÁZQUEZ

ASESOR: _____



M.C. CARLOS AUGUSTO GONZALEZ VALENCIA

REVISOR: _____



I.A. FERNANDO VERA MARTÍNEZ

Conkal, Yucatán. Septiembre 2022.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por otorgarme virtudes e iluminar mi camino en los días difíciles

A mi padre, Sr. Miguel Ismael Estrada Estrada, por inculcarme el amor y respeto hacia la naturaleza

A mi madre, Sra. Nidia María Gijón Estrada, por enseñarme, exigirme e infundir en mi carácter

Gracias a ambos, por sostenerme sin importar lo pesado y oscuro que todo se torne; por los valores y su infinito amor

A mis hermanos, por motivarme y levantarme todas las veces que he tropezado

De manera especial, a la señora Irma Elena Estrada Cetina, por abrirme las puertas de su casa y de su corazón; a su familia, por su invaluable compañía y cariño

A mis maestros, por brindarme las herramientas que hoy me ayudaron a llegar aquí

A mis asesores: Dr. Angel Trinidad Piñeiro Vázquez y M.C. Carlos Augusto González Valencia, por el tiempo, consejos aplicados y la confianza depositada

Al Instituto Tecnológico de Conkal, por ser mi segunda casa durante estos años

A mi guía: Ing. Fabian Valera Lara, por la paciencia y el conocimiento compartido; por ser y hacerme parte del mejor equipo

A mi hermana de carrera: Ing. Ingrid Stephani Toloza Narváez, por su compañía por días y noches hasta culminar los proyectos... y la carrera

A todas las personas involucradas en este proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos: todo por y para ustedes

A mis sobrinos: por ser mi motor y porque en un futuro serán hombres y mujeres logrando sus sueños

A mis compañeros de salón, de carrera y de escuela; estén donde estén, todos lo hemos logrado a nuestra manera

A mis amigas de toda la vida, por acompañarme desde 1999

Con mención honorífica, a mi persona especial en el cielo, porque en mi memoria siempre vivirá la celebración compartida de mis logros

A todas las personas que creen en mí.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUCCIÓN	3
1.1. Antecedentes	6
1.2. Planteamiento del problema	8
1.3. Justificación	9
2 OBJETIVOS E HIPÓTESIS	10
2.1. General	10
2.2. Específicos	10
2.3. Hipótesis	10
3 FUNDAMENTO TEÓRICO	11
3.1. Importancia de la nutrición animal	11
3.3 Nutrimentos	13
3.4 Beneficios de suplementar cerdos con selenio orgánico para la salud humana	14
3.5. Digestión de la levadura de selenio	14
3.6 Absorción de la selenometionina	15
3.7 Almacenamiento del selenio orgánico en hígado, páncreas y riñón	15
3.8 Prevención del estrés oxidativo	16

3.9 Mantenimiento del balance redox celular	17
3.10 Efecto anticancerígeno de algunos compuestos de selenio metilados	17
3.11 Efecto del selenio orgánico sobre los parámetros productivos en cerdos de engorda	17
3.11.1 Consumo voluntario	18
3.11.2 Ganancia diaria de peso	19
3.11.3 Conversión alimenticia	19
4 DESARROLLO DELPROYECTO	20
4.1 Bienestar animal	20
4.2 Localización	20
4.3 Unidades experimentales	20
4.4 Diseño experimental y tratamientos	20
4.5 Formulación de dietas	21
4.6 Variables a evaluar	22
4.6.1 Aumento de Peso vivo	22
4.6.2. Consumo voluntario	23
4.6.3 Ganancia diaria de peso y conversión alimenticia	23
4.6.4 Consumo real	23
4.6.5 pH de la carne.	23
4.6.6 Color de la carne	24
4.6.7. Rendimiento de la canal	24

4.7 Análisis químicos	24
4.8 Análisis estadístico	25
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1. Resultados	26
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
6.1. Conclusiones	31
6.2. Recomendaciones	31
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. <i>Composición nutrimental de la dieta en las diferentes etapas de engorda</i>	18
Cuadro 2. <i>Efecto de la adición de selenio orgánico sobre el comportamiento productivo en cerdos de engorda en la etapa de finalización (75-100 kg).</i>	22
Cuadro 3. <i>Efecto de la adición de selenio orgánico sobre el pH al sacrificio y post mortem en cerdos de engorda.</i>	23
Cuadro 4. <i>Efecto de la adición de selenio orgánico sobre el rendimiento en canal de cerdos de engorda.</i>	24
Cuadro 5. <i>Efecto de la adición de selenio orgánico sobre el color de la carne</i>	25

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1. Beneficio de minerales traza en cerdos de engorda</i>	10
<i>Figura 2. Digestión de la levadura de selenio y absorción de la selenometionina</i>	13
<i>Figura 3. Impacto del estrés por calor en los rendimientos del cerdo y el estrés oxidativo</i>	14

RESUMEN

El objetivo este estudio fue evaluar el comportamiento productivo de cerdos en engorda suplementados con niveles crecientes de selenio orgánico en la dieta en condiciones tropicales. Se emplearon 86 cerdos, distribuidos en un diseño experimental en bloques al azar con cuatro tratamientos (0, 0.3, 0.6 y 0.9 mg/kg de alimento preparado), con cuatro dietas experimentales (inicio 11-25 kg, crecimiento 25-50 kg, desarrollo 50-75 kg y engorda 75-100 kg), el experimento tuvo una duración de 28 días de alimentación por bloque. Las variables evaluadas fueron el consumo voluntario, la ganancia de peso, la conversión alimenticia, así como características de la canal, el pH, el rendimiento y color de la canal. Se observó que los animales obtuvieron un incremento en el peso final (105.85, 103.35, 107.54, 113.88 kg) entre los tratamientos (0, 0.3, 0.6 y 0.9 mg/kg) de alimento, respectivamente. ($P < 0.05$). La ganancia diaria de peso fue similar entre tratamientos adquiriendo en promedio 1294.5 g/día ($P > 0.05$). Se concluye que la suplementación de selenio orgánico en la dieta de cerdos en la fase de finalización no presenta cambios en los parámetros productivos, no obstante, mejora el rendimiento en la canal, con lo que aumenta el beneficio productivo en cerdos de engorda en la región tropical.

Palabras clave: selenio, beneficio productivo, características de la canal.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the productive performance of fattening pigs supplemented with increasing levels of organic selenium in the diet under tropical conditions. 86 pigs were used, distributed in a randomized block experimental design with four treatments (0, 0.3, 0.6 and 0.9 mg/kg of prepared food), with four experimental diets (starting 11-25 kg, growth 25-50 kg, development 50-75 kg and fattening 75-100 kg), the experiment lasted 28 days of feeding. The variables evaluated were voluntary intake, weight gain, feed conversion, as well as carcass characteristics, pH, yield and carcass color. It was observed that the animals obtained an increase in the final weight (105.85, 103.35, 107.54, 113.88 kg) between the treatments (0, 0.3, 0.6 and 0.9 mg/kg) of food, respectively. ($P < 0.05$). Daily weight gain was similar between treatments, acquiring an average of 1294.5 g/day ($P > 0.05$). It is concluded that the supplementation of organic selenium in the diet of pigs in the finishing phase does not present changes in the productive parameters, however, it improves carcass yield, thus increasing the productive benefit in fattening pigs in the region. tropical.

Key words: selenium, productive benefit, carcass characteristic

1 INTRODUCCIÓN

El selenio tiene una gran importancia por ser un elemento traza dentro de la nutrición porcina (Yang *et al.*, 2016), está ligado a la vitamina E fundamentalmente por la similitud en los síntomas de deficiencia en ambos elementos y por la semejanza de sus funciones biológicas (Broadway, 2016): En líneas generales, los síntomas clínicos de un consumo insuficiente de selenio son muy parecidos a los síntomas de avitaminosis E: distrofia muscular, músculos pálidos, pequeñas hemorragias en el miocardio, necrosis hepática y trastornos del movimiento y lesiones de las extremidades (De-Oliviera, 2019). Concretamente en el cerdo se aprecia: hepatosis dietética, degeneración muscular, enfermedad del corazón de mora, trastornos de la reproducción y disminución del sistema inmunitario. Todos estos síntomas y síndromes se ven agudizados si las dietas que contienen menos de 0,03 ppm de selenio y son deficitarias en vitamina E (Lee, 2018).

Dentro de la nutrición animal se encuentran diferentes tipos de suplementos que contienen selenio (Galaz-Galaz, 2018), unos son los complejos vitamínicos que contengan vitaminas y minerales (Hancox 2015), otro tipo de suplemento son las levaduras; estas se integran usando levaduras *Saccharomyces cerevisiae* (Chen, 2019), dependiendo de la cantidad del cultivo se determinará las cantidades de selenio hasta (3000 mg/kg) (Wu, 2019). Mediante el proceso de biotransformación a selenometionina puede ser absorbida hasta un 90%, sin embargo, solo un 35% puede ser convertida a selenometionina libre (Song, 2015).

El selenio es un elemento fundamental en el organismo (Halliwell, 2015), es importante en los aspectos reproductivos (Akbarian, 2016), en la función de la glándula tiroidea, la producción de ADN, para proteger al organismo de antígenos y daños causados por radicales libres (Ling, 2017).

La carne de cerdo contiene una proporción de macronutrientes que difiere en relación con la edad del animal al sacrificio, el tipo de dieta y el consumo (Jiang, 2017). Las partes más magras de la carne porcina contienen hasta 8 gramos de grasa por 100 gramos de alimento (Su, 2016). En promedio, la carne de cerdo tiene un 23% de grasa saturada y colesterol, ambos relacionados con un aumento del colesterol plasmático (Alhidary, 2015). Sin embargo, el contenido de grasa mono insaturada (48%) en un (42%) ácido esteárico.

La carne porcina se puede considerar una gran fuente de minerales como el hierro, zinc, magnesio, fósforo y selenio del cual una proporción de 100 gramos contiene hasta 14 µg (Zhao, 2017).

En la búsqueda de nuevas estrategias en la nutrición animal, se han realizado estudios sobre el metabolismo con selenio de origen inorgánico como selenato, selenito o con suplementos de origen orgánico como la selenometionina y Se-Cisteína donde la tasa de absorción es mayor (Rodrigues, 2016).

La producción pecuaria depende de una serie de factores: ambientales, sanitarios, genéticos, manejo y elementos nutricionales los costos de alimentación representan un porcentaje elevado en la producción (Moreno *et al.*, 2009). El recurso de ingredientes de origen agrícola ocupa un lugar estratégico para alcanzar una producción porcina eficiente.

En el trópico, caracterizado por una diversidad climática muy cambiante soportada sobre suelos con índices de enmendaduras muy variables, carentes de nutrientes fundamentales para la producción de alimento de calidad nutricional (Yan *et al.*, 2010). Se establece la necesidad de suministrar los requerimientos nutricionales esenciales a través de suplementos alimenticios, para lograr una alta producción (Enriques-Quiroz *et al.*, 2011).

En las diferentes zonas de Yucatán, más del 80% de porcicultores utilizan sistemas de producción deficientes para producir carne; en estos sistemas de producción los parámetros productivos son bajos, siendo la estacionalidad un factor de limitante en la producción de carne porcina de calidad (Braña, 2012). Diversos autores han realizado estudios en la adición de selenio orgánico en la dieta en los cuales han reportado que representa una suplementación energética en los cerdos siendo una alternativa para incrementar la calidad de la dieta y productividad de los porcinos y, a su vez contribuir a la seguridad alimentaria de la población (Perez *et al.*, 2018).

En este sentido, diversos autores han demostrado que la adición de selenio orgánico de fuente de *Saccharomyces* en inclusiones mayores al 0.3 mg/kg de la materia seca ofrecida tiene efectos en los parámetros productivos, el contenido de algunos parámetros de calidad de carne y también se ha observado efectos sobre la digestibilidad debido al cambio en el microbioma (bacterias y protozoarios) (Aceijas, 2017).

Determinar los efectos del selenio orgánico en los parámetros de producción de cerdos es una de las prioridades que se emplean en la actualidad con el fin de obtener información confiable sobre el uso *Saccharomyces* en la dieta de porcinos. En este sentido, la nutrición es el principal factor que influye en el desempeño productivo de los animales, el no tener conocimiento del porcentaje de adición y sus posibles efectos en el organismo de los animales puede ser un problema en la producción pecuaria.

En la región tropical los sistemas de producción basan su alimentación en sistemas rústicos lo cual presenta fluctuaciones en su calidad y disponibilidad en la época de seca. Esto provoca que los animales no demuestren su verdadero potencial productivo.

Tomando en cuenta que se han llevado a cabo diversos estudios donde se ha evaluado la inclusión de selenio orgánico como fuente proteica y de eliminador de radicales libres, los cuales tienen efectos positivos en la nutrición de cerdos y la calidad de los productos terminales, el aporte del presente estudio es dar a conocer la importancia de la inclusión de selenio orgánico en la dieta de cerdos y de qué forma pueden beneficiar los parámetros productivos y características de la canal.

1.1 Antecedentes

El selenio es un metal que se encuentra en toda la corteza terrestre, su concentración en el suelo depende de las condiciones edáficas y climatológicas que se encuentren en el medio ambiente tiene una estrecha relación con otros metales como el cobre y su formación se deriva de sulfuros presentes en el suelo, las plantas son los organismos que obtienen el selenio del suelo en su forma inorgánica como selenatos o selenitos, posteriormente mediante los procesos bioquímicos que realizan las plantas transforman el selenio en su forma orgánica (selenometionina o selenocisteína) siendo así biodisponibles al ser consumidos por un ser vivo (Reynolds *et al.*, 2018). El selenio fue descubierto en Suecia por el químico Jöns Jacob Berzelius en el año 1818, fue hasta el año de 1930 cuando en investigaciones realizadas en ganado de pastoreo en Estados Unidos de América encontraron alta concentración de selenio en el suelo originando la llamada enfermedad alcalina del ganado fue entonces que el selenio se consideró un elemento tóxico en altas concentraciones. Con el avance de la ciencia se fueron realizando más investigaciones del selenio y sus efectos en la nutrición humana y animal encontrando dos formas biodisponibles orgánica e inorgánica. En forrajes destinados para el consumo de rumiantes si se superan los 5 mg/kg puede llegar a considerarse tóxico (Sukhanova *et al.*, 2021). En los últimos años se han evaluado las diferentes

formas del selenio en la nutrición animal para mejorar parámetros de producción y salud de los animales, las altas demandas de productos de origen animal principalmente (proteína) obliga a los sistemas de producción ser más eficientes. Tal es el caso para la producción porcina en las zonas tropicales donde las condiciones medio ambientales no resultan favorables para una buena producción, las temperaturas resultan ser la principal problemática (Rauw *et al.*, 2020). El uso de selenio orgánico en la dieta de cerdos tiene la capacidad de modificar el metabolismo; con el fin de conocer el nivel óptimo de adición de selenio orgánico en la dieta de cerdos se han evaluado diversos niveles de inclusión. (Mahan y Kim, 1996) mencionan que al incluir el 0.3 mg/kg de selenio orgánico como principal componente selenometionina en cerdas gestantes aumento el número de cerdas preñadas. Por otra parte, Zhang *et al.*, (2020) observaron que con la inclusión del 0.7 mg/kg en la dieta de cerdas lactantes aumentó la producción de leche y mantuvo un mejor índice corporal en las cerdas, por lo que hubo una mayor ganancia diaria de peso de los lechones, mayor peso al destete y las cerdas tuvieron una recuperación rápida al destete y una rápida preñez (Hu *et al.*, 2011). Lanza, (2000) determinó una disminución en diarreas en lechones destetados causas por estrés del destete y enfermedades patológicas, por lo que los lechones pudieron llegar en menos tiempo a la etapa de iniciador con una inclusión del 0.9 mg/kg en la dieta suministrada. También se encontraron efectos sobre la composición química de la carne según lo reportado por Wolter *et al.* (1998) quienes mencionan que con la inclusión del 0.6 mg/kg en la dieta de cerdos en finalización incrementó la grasa intramuscular, mejoro el perfil de ácidos grasos benéficos hacia la salud humana al ser consumida.

1.2 Planteamiento del problema

La producción pecuaria depende de una serie de factores: ambientales, sanitarios, genéticos, manejo y elementos nutricionales, los costos de alimentación representan hasta un 60% de costos en la producción. El uso de bioactivos en la nutrición animal en los últimos años ha sido una estrategia para lograr que las producciones pecuarias sean más eficientes (Zúniga *et al.*, 2015).

En las diferentes zonas tropicales del mundo, caracterizadas por una diversidad climática muy cambiante soportada sobre suelos con índices de enmendaduras muy variables, carentes de nutrientes fundamentales para la producción de alimento de calidad nutricional (Gómez, 2019). Se establece la necesidad de suministrar los requerimientos nutricionales esenciales a través de suplementos alimenticios, para lograr una alta producción (Suárez, 2019)

En las zonas tropicales de México, más del 80% de la producción porcina utiliza sistemas de producción deficientes para producir carne, en estos sistemas de producción los parámetros productivos y reproductivos son bajos, siendo la estacionalidad un factor delimitante en la producción de carne de calidad (Cáffaro-Tommasiello *et al.*, 2018). Diversos autores han realizado estudios en la adición de selenio orgánico en la dieta en los cuales han reportado que representa una suplementación benéfica para incrementar la calidad de la dieta y productividad de los cerdos y a su vez contribuir a la seguridad alimentaria de la población (Liu *et al.*, 2018).

En este sentido, diversos autores han demostrado que la adición de selenio orgánico de fuentes de *Saccharomyces cerevisiae* en inclusiones de 0.3 mg/kg de alimento preparado tiene efectos sobre el metabolismo de los cerdos, el contenido de algunas selenoproteínas también se ha observado efectos sobre la digestibilidad debido al cambio en la microbiota intestinal (Batorska *et al.*, 2017).

Determinar los efectos del selenio en los parámetros de producción de cerdos es una de las prioridades que se emplean en la actualidad con el fin de obtener información confiable sobre la suplementación en la dieta de cerdos. En este sentido, la nutrición es el principal factor que interviene en el desempeño productivo de los animales, el no tener conocimiento previo del porcentaje de adición y sus posibles efectos en el organismo de los animales puede ser un problema en la producción pecuaria.

1.3 Justificación

En la región tropical los sistemas de producción porcina basan su alimentación en productos de origen vegetal y animal, usando como promotores de crecimiento productos sintéticos químicos que tienen efectos residuales hacia la carne y teniendo efectos negativos hacia la salud humana. Por otro lado, estos métodos de elevar la eficiencia de los animales no son los correctos lo que provoca que los cerdos no demuestren su verdadero potencial productivo.

El aporte del presente estudio es dar a conocer la importancia de la inclusión de selenio orgánico en la dieta de cerdos de qué forma pueden beneficiar los parámetros productivos. El propósito de esta investigación es determinar el efecto de la adición de selenio orgánico en la dieta de cerdos de engorda sobre los parámetros productivos y características de la canal. Tomando en cuenta que se han llevado a cabo diversos estudios donde se ha evaluado la inclusión de selenio orgánico como selenoproteínas y selenometionina los cuales tienen efectos positivos en la nutrición de porcina y la calidad de los productos terminales.

2 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 General

Evaluar la respuesta productiva en cerdos en crecimiento y engorda por efecto de la adición de selenio orgánico, con la finalidad de mejorar la calidad de la carne bajo condiciones de clima cálido en las regiones tropicales.

2.2 Específico

Determinar el efecto de la adición de selenio orgánico sobre los parámetros productivos en cerdos en crecimiento y engorda.

Evaluar el rendimiento y características de la canal por efecto de la inclusión de selenio orgánico en la alimentación de cerdos bajo condiciones de clima cálido.

2.3 Hipótesis

La adición de selenio orgánico mejora el funcionamiento metabólico en cerdos de engorda lo que mejora el comportamiento productivo y las características de la canal.

3 FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 Importancia de la nutrición animal

Dentro de las necesidades más fundamentales de la humanidad a través de su desarrollo de evolución y subsistencia ha sido la alimentación, por lo que en la actualidad el tema de la alimentación sigue siendo un reto de angustia para muchos países en desarrollo (ONU, 2000). La nutrición animal tiende a ser una ciencia de estudio fundamental donde se aplican conocimientos tecnológicos, científicos que tiene como objetivo principal en los animales hacer de ellos más eficientes para la producción de carne, leche, huevo, entre otros productos derivados de la actividad pecuaria. Como se muestra en la Figura 1, los elementos traza presentan suma importancia en la nutrición de nuestros animales productores. El correcto aporte de nutrientes y elementos a disposición y en las cantidades requeridas promete diferencias significativas en el hato (Duche *et al.*, 2017). La diferencia que se encuentra de tales elementos, principalmente nitrógeno y carbono, para el caso de las bacterias pueden ser algunas moléculas simples como CO_2 y NH_4 y en las aves son complejas como los glúcidos, lípidos y proteínas (Williams *et al.*, 2016). Desde la percepción nutricional, los alimentos se diferencian entre sí, acorde a las cantidades y proporciones de nutriente que aportan (Urriola y Stein 2010).

3.2 Composición y evaluación de los alimentos

Dentro de la producción de alimentos se manejan ingredientes alimenticios que contienen una mayor o menor concentración de un nutriente en específico, pudiendo ser proteína, energía, calcio, etc., lo que puede permitir agrupar dichos alimentos como proteicos (pastas de oleaginosas, harinas de origen animal o marino), energéticos (granos de cereales, harinas de tubérculos, aceites),

minerales (roca fosfórica, piedra caliza, concha de ostión) etc., la persona dedicada al estudio de la nutrición debe tener en cuenta estos aspectos para poder identificar correctamente los nutrimentos dominantes de cada alimento, así como las interacciones dadas antagónicamente y sinérgicamente entre los alimentos y nutrimentos (Opapeju *et al.*, 2009).

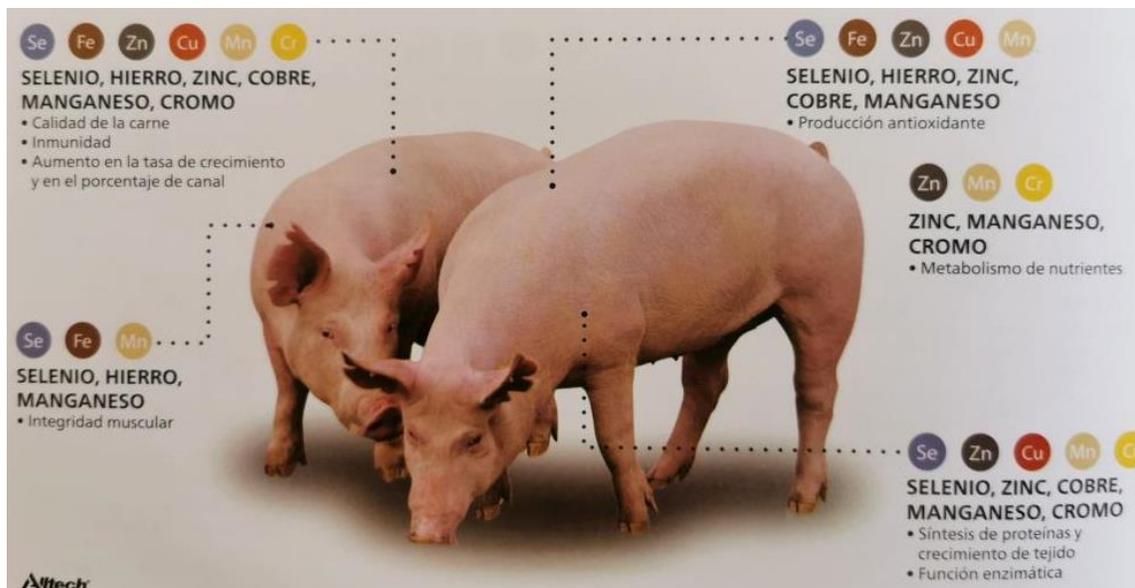


Figura 1. Beneficio de minerales traza en cerdos de engorda

Dentro de los alimentos de origen vegetal de los cuales la mayoría son utilizados para la alimentación de animales de granja, se pueden encontrar una amplia variedad de compuestos y estructuras químicas, sin embargo, solo algunos de estos tienen papeles útiles para el organismo que los ingiere; muchos no producen un efecto positivo en la nutrición animal tienden a ser perjudiciales provocando trastornos (Stein *et al.*, 2015).

3.3 Nutrimientos

Los nutrientes que se encuentran en la ingesta de un animal son los siguientes:

- Agua.
- Proteínas: formadas por aminoácidos.
- Nitrógeno no proteico: útil solo para rumiantes y está disponible en la urea, sales de amonio, nitritos y nitratos.
- Glúcidos solubles: hexosas, pentosas, fitoglucogeno, amilopectina, amilosa y pectina.
- Glúcidos estructurales: disponible solo para rumiantes, se forman por celulosa y hemicelulosa.
- Lípidos: compuestos de triglicéridos, glicerol y ácidos grasos.
- Minerales: calcio, fosforo, sodio, potasio, cloro, magnesio, manganeso, zinc, cobre, hierro, yodo, selenio, cobalto, molibdeno, azufre y flúor.
- Vitaminas liposolubles: A, D, E, K.
- Vitaminas hidrosolubles: tiamina, riboflavina, vitamina B6, vitamina B12, ácido nicotínico, ácido pantoténico, folacina, colina, inositol, biotina, ácido ascórbico.
- Aditivos: compuestos agregados, con el fin de aumentar la ingestión y digestión. La composición de los alimentos es la base sobre la cual se deciden los ingredientes a usar y sus combinaciones, la composición puede encontrarse en dos formas; a partir de valores tabulados, o a partir del análisis químico de los alimentos (Bach-Knudsen *et al.*, 2012). Los valores que se

encuentran tabulados son útiles para tener un panorama sobre la composición de un alimento, pero tienen un punto que no los vuelve precisos dado que están hechos de promedios.

3.4 Beneficios de suplementar cerdos con selenio orgánico para la salud humana

Convencionalmente los requerimientos de selenio se han relacionado con la glutatión peroxidasa y su función antioxidante de detoxificación de los peróxidos lipídicos y protección de las membranas celulares. La inclusión de selenio orgánico en la dieta de diversas especies animales, tiene mucha importancia debido a las funciones biológicas en la salud humana. El selenio orgánico en forma de selenometionina ha mostrado tener efectos anticancerígenos, disminuye la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Benstoem, 2015), refuerza el sistema inmunológico y mejora la composición química de la carne en cerdos (Jiang, 2017).

3.5 Digestión de la levadura de selenio

Las diferentes maneras químicas de digestión del selenio lo transforman a selenido, influyendo como intermediario del metabolismo del selenio. Cuando ocurre un exceso metabólico de selenio se desecha por orina en forma de monometilselenol (Gabler, 2018). En las condiciones orgánicas del selenio como selenometionina (SeMet) puede adherirse directamente a la proteína antes de iniciar el metabolismo normal, como se muestra en la Figura 2. Esto se debe a que el tRNA^{Met} (RNA de transferencia, molécula especial unida un aminoácido, en este caso, la metionina) no rechaza entre la metionina o la selenometionina, pudiendo así incorporarse a las diferentes síntesis de proteínas tisulares como el músculo (Zouaoui, 2018).

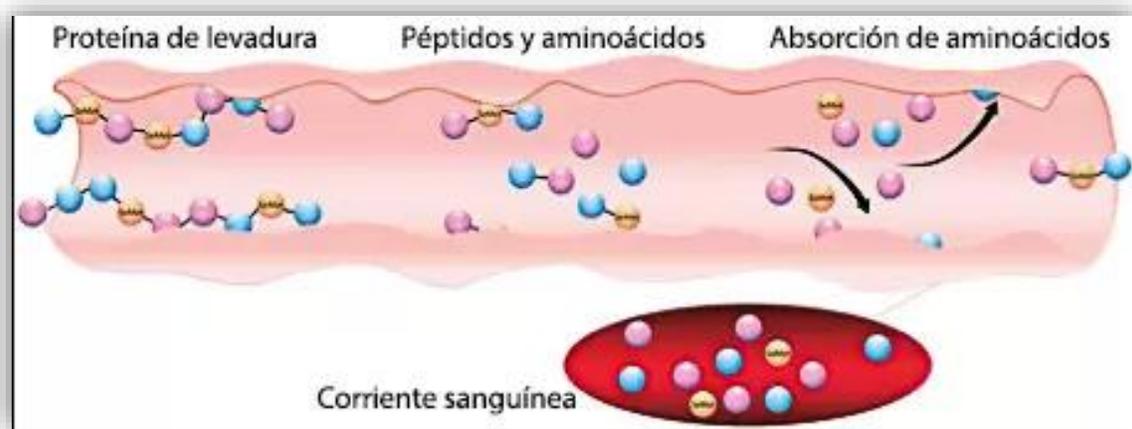


Figura 2. Digestión de la levadura de selenio y absorción de la selenometionina.

3.6 Absorción de la selenometionina

Cuando el selenio es absorbido a nivel duodenal se enlaza a las proteínas del plasma sanguíneo, para ser enviado a todas las células y tejidos. Por consiguiente, se almacena como selenometionina y selenocisteína. El selenio se junta a las células rojas sanguíneas, hígado, huesos, pelo y leucocitos. En animales el selenio orgánico es transformado por diferentes procesos enzimáticos, el selenito disminuye en las células a selenido y este es utilizado para sintetizar la selenometionina en una molécula serina. La síntesis en el complejo Se-cis-tRNA se ubica en un lugar específico durante la síntesis de proteína (Attia, 2018), si la selenocisteína o selenometionina es absorbido desde la dieta, estos compuestos no podrían incorporarse al sitio de la enzima durante la síntesis por no tener un correcto tRNA (Zhu, 2016).

3.7 Almacenamiento del selenio orgánico en hígado, páncreas y riñón

La selenometionina es almacenada en el organismo incorporándose con las proteínas de manera aleatoria, sustituyendo a la metionina, cuando es catabolizada, se libera selenio en forma

de selenuro. El selenio se excreta en la orina en forma metilada o acetilada, por las heces y piel (Shen, 2017).

3.8 Prevención del estrés oxidativo

La oxidación es un proceso bioquímico de pérdida de electrones siempre asociado a otro de captación denominado reducción (Yan, 2018). El proceso de oxidación es fundamental para la vida por la participación en los procesos de obtención de la energía celular (Prabu, 2016). Por ende, cuando hay exceso de oxidación aparece el estrés oxidativo y no se puede medir con un solo parámetro. El estrés oxidativo está ligado a la alteración y afectación directa en relación a los rendimientos productivos del animal, como se ilustra en la Figura 3. En la búsqueda de alternativas a las problemáticas de salud presentes en los seres humanos el selenio orgánico tiene una clara relación con ciertos tipos de cáncer como los de colon, recto, próstata, mama, leucocitos, piel e hígado. Por este motivo los suplementos de selenio son recomendables en individuos con alto riesgo tumoral (Palazón, 2016).



Figura 3. Impacto del estrés por calor en los rendimientos del cerdo y el estrés oxidativo.

3.9 Mantenimiento del balance redox celular

El mantenimiento del equilibrio redox es una penuria primordial para los seres vivos y la pérdida de esta función lleva un deterioro gradual del órgano o sistema dañado, la comprensión de los mecanismos que mantienen esta igualdad son importantes en un futuro proximal y detener los procesos de neurodegeneración (Zhao, 2017).

3.10 Efecto anticancerígeno de algunos compuestos de selenio metilados

El efecto anticancerígeno del selenio se debe a un proceso que se compone de varios niveles, que conlleva las acciones químicas y bioquímicas de los metabolitos del selenio. Se disciernen en variantes del riesgo a desarrollar cáncer mediante los mecanismos intermediarios celulares y moleculares. El selenio induce el daño del ADN rompiendo la doble hélice y produciendo alteraciones en levadura, la mayoría de las selenoproteínas tienen efecto en el mantenimiento del estado redox de la célula. En este sentido el selenio regula la actividad del gen supresor tumoral por medio de modificaciones redox (Chao, 2016).

3.11 Efecto del selenio orgánico sobre los parámetros productivos en cerdos de engorda

Los grandes sistemas de producción animal como lo son los cerdos, exhortan de indicadores productivos o parámetros a evaluar dado que al administrar un gran número de animales se vuelve fundamental conocer y evaluar las explotaciones de forma global, por área productiva, por grupo de animales y de forma individual (Lan *et al.*, 2016). La medición de variables se puede realizar por lapsos de tiempo, semanas, meses periodos y/o anual. La

importancia de llevar a cabo estas evaluaciones es detectar a tiempo alguna anomalía y con ello aplicar las acciones preventivas y estrategias en el sistema de producción (Fang *et al.*, 2016).

3.11.1 Consumo voluntario. Uno de los factores que se tienen en cuenta dentro del consumo voluntario, es la cantidad de pienso que los animales en producción pueden consumir en un periodo de tiempo establecido para el mantenimiento y los diferentes procesos productivos (Merlot *et al.*, 2016). El consumo voluntario es una actividad múltiple que influye en la búsqueda del mismo, el reconocimiento, los movimientos necesarios para obtener el alimento, la valoración sensorial, la iniciación del consumo y deglución. En el sistema digestivo el pienso es digerido y los nutrientes son absorbidos y metabolizados (Ly *et al.*, 2019). La temperatura ambiente por encima de la zona neutral ejerce una influencia negativa sobre el apetito, existiendo una relación cuadrática o hasta negativa en el consumo de alimento; (Infopork, 2014) el consumo de pienso disminuye 1 g por cada grado que la temperatura ambiente supera el nivel de confort y por cada kilogramo de peso vivo. La humedad relativa alta tiene un efecto mucho más negativo sobre el consumo y la conversión en condiciones de temperaturas altas que bajas, debido a las dificultades de termorregulación (Danura, 2010). Los cerdos que consumen dietas con deficiencia en algún aminoácido responden ingiriendo más pienso para mantener los requerimientos en aminoácidos esenciales; cuando el desequilibrio es debido al exceso de un nutriente puede disminuir el apetito (Jansman *et al.*, 2019)

3.11.2 Ganancia diaria de peso. Para conocer la ganancia diaria de peso (GDP) en cualquier etapa es necesario conocer el peso al iniciar la fase, el peso final y los días transcurridos (Li *et al.*, 2017). Este concepto hace referencia al peso ganado por un animal en el lapso de un día (INTA, 2010). Da una idea de la velocidad de crecimiento, se mide en gramos. La GDP tiene diferentes factores que intervienen, el tipo de alimentación, ambiente, manejo y características genotípicas (Cadavid *et al.*, 2019). Tiene la particularidad de ir en aumento hasta cierto punto de la vida del animal, posteriormente va disminuyendo conforme la edad va acrecentando.

3.11.3 Conversión alimenticia. La conversión alimenticia (CA) influye como un indicador clave en la nutrición animal, dado que muestra que tan efectiva es la dieta en uso (Barszcz *et al.*, 2017). Se puede definir como la cantidad de alimento requerido para producir una unidad de ganancia de peso. Deben considerarse algunos factores que repercuten la medición (Silva *et al.*, 2019) algunas de estas consideraciones pueden variar depende al tipo de animal que está en el sistema de producción, debe verificarse que no esté habiendo subalimentación, que la densidad animal no sea mayor a la programada, que no haya competencia alimenticia y tener un registro diario de las cantidades suministradas de alimento.

4 DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Bienestar animal

El manejo de los cerdos se llevó a cabo bajo las normativas de bienestar animal del Instituto Tecnológico de Conkal.

4.2 Localización

El estudio se realizó en las instalaciones del área experimental “La Posta” perteneciente al Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, ubicado en el km 3 antigua carretera Conkal - Chablekal, Yucatán, el cual queda comprendido entre los paralelos 21° 5” latitud Norte y los meridianos 89° 32” longitud Oeste; posee una altura promedio de 8 msnm. En la región predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias regulares en verano (mayo – julio). Tiene una temperatura media anual de 26.6°C y precipitación pluvial media anual de 469 mm con una humedad relativa promedio anual de 77.5% (García, 1986).

4.3 Unidades experimentales

Se utilizaron 87 cerdos de la línea genética PIC® para engorda, con un peso corporal de 75±1 kg, (52 machos y 35 hembras).

4.4 Diseño experimental y tratamientos

El experimento se realizó en bloques al azar: la engorda individual con cuatro repeticiones por bloque, los cuales fueron divididos en cuatro tratamientos, así como la engorda grupal en la

que los animales fueron distribuidos en los mismos cuatro tratamientos (seis cerdos por tratamiento).

El experimento tuvo una duración de 28 días de alimentación por bloque contemplando la fase de finalización (75-100 kg) con una adición de ractopamina 7.5 ppm) y cuatro tratamientos: (0.0 mg/kg, dieta control); (0.3 mg/kg); (0.6 mg/kg); (0.9 mg/kg) de alimento preparado.

El selenio orgánico se incluyó en la dieta como selenometionina (SeMet) del producto BIOWAYS® 2,000 ppm, con 44% de proteína, SADER: A-1051-002. Producto manufacturado en México.

4.5 Formulación de dietas

La formulación de dietas se realizó con ayuda del software Lingo® con ayuda de los datos tabulados en el NRC 2012; las dietas utilizadas se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1.

Composición nutricional de la dieta en las diferentes etapas de engorda.

Ingredientes (kg)	Inicio	Crecimiento	Desarrollo	Finalización
Maíz	366.91	587.11	620.45	653.32
Pasta de soya	398.33	291.65	263.41	235.25
Aceite	75.5	6.18	5.83	5.63
Melaza	50	50	50	50
Lisina	2.76	2.13	1.07	0.271
Metionina	5.1	3.89	3.16	2.54
Sal común	25	25	25	25
Carbonato	44.64	3.31	1.73	0.47
Fosfato	6.75	5.73	4.37	2.53
Premezcla	25	25	25	25
Composición química				
Proteína (%)	18.87	15.68	13.75	12.12
Lisina (%)	1.41	1.12	3.3	3.3
Metionina (%)	0.79	0.65	0.84	0.84
Calcio (%)	1.7	0.66	0.5	0.5
Fósforo (%)	0.6	0.56	0.52	0.52
EM (Mcal/kg)	3.35	3.3	0.47	0.47

*Contenido de SiO₂, Al₂O₃, K₂O, Na₂O, CaO, MgO, Fe₂O₃ de la dieta como secuestrante

de micotoxinas en la dieta, aportado por el producto BIOTETOX®.

4.6 Variables a evaluar

Los animales fueron pesados utilizando una báscula plegable de plataforma marca Ohaus® con capacidad para 300 kg y una sensibilidad de 0.100 kg.

4.6.1 Aumento de Peso vivo. El peso vivo se determinó con base al peso inicial menos el peso de la etapa final de la etapa de finalización.

4.6.2. Consumo voluntario. Los cerdos fueron alimentados *ad libitum* permitiendo un rechazo de al menos el 10% de la materia seca ofrecida el día anterior. Los rechazos de alimentación se pesaron a las 09:00 hr del día siguiente. La ingesta voluntaria se determinó por la diferencia entre la cantidad ofrecida y el rechazo.

4.6.3 Ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. La ganancia diaria de peso (GDP) se calculó en función del aumento de peso diario promedio de 10 pesajes realizados durante la fase experimental realizada cada ocho días. La conversión alimenticia se determinó dividiendo el consumo de materia seca entre el aumento de peso diario y la eficiencia alimentaria, dividiendo el aumento de peso diario por la ingesta diaria de materia seca.

4.6.4 Consumo real. El consumo real se estima con base de la estimación del restante de humedad en la dieta ofrecida en los cerdos; dicho análisis se realizó tomando una muestra de 200 gr de alimento, posteriormente se identifica debidamente para procesarla en una cámara de secado hasta llegar al peso constante de la muestra, pesándola cada 24 horas.

4.6.5 pH de la carne. El pH fue medido con un potenciómetro, de la marca HANNA, *Instruments* tomando una muestra en la pierna y el lomo a los 45 minutos después del sacrificio, posteriormente la segunda medición se realizó a las 24 horas *post mortem*.

4.6.6 Color de la carne. La determinación del color se utilizó un colorímetro y se realizó la medición de los parámetros de color empleados en la metodología CIELAB por medio de L*: luminosidad (negro-blanco), a*: (verde-rojo), b*: (azul-amarillo), método planteado por la *Comission Internationale de l'Eclairage* (CIE). Donde se indica que L*= 0 rendimientos negro y L*= 100 indica blanca), la posición entre rojo y verde (a*, valores negativos indican verde mientras que valores positivos indican rojo) y posición entre amarillo y azul (b*, valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo) (Braña *et al.*, 2012). Para esto, se tomaron muestras de chuleta, haciendo un corte entre la 12° y 13° costilla para posteriormente aplicar la técnica mencionada.

4.6.7. Rendimiento de la canal. El rendimiento en canal se calculó con base a la siguiente fórmula: peso vivo * peso de canal caliente / 100.

4.7 Análisis químicos

El contenido de materia seca fue determinado por medio de una estufa de aire forzado a 55°C por 48 hr (peso constante, método #7.007). El nitrógeno (CP= N × 6.25) fue determinado mediante un LECO CN-2000 serie 3749 *Instruments* (LECO Caopr., St. Joseph, MI) (#2.057) AOAC (1980). El contenido de materia orgánica fue determinado por combustión en la mufla a 600°C por 6 horas.

4.8 Análisis estadístico

Los datos de consumo voluntario, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia fueron analizados mediante el procedimiento PROC ANOVA del SAS (Cody y Smith 1991; SAS, 2009) para un diseño completamente al azar (SAS, 2009). Las medias de los tratamientos se compararon mediante una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (Cody y Smith 1991; SAS 2009).

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

5.1.1. Consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia. En la etapa de finalización se observa que los animales obtuvieron un incremento en el peso final (105.85, 103.35, 107.54, 113.88 kg) entre los tratamientos (0, 0.3, 0.6 y 0.9 mg/kg) de alimento, respectivamente. Con respecto a la ganancia diaria de peso no se encontró diferencia entre tratamientos ($P>0.05$) (Cuadro 2). En un estudio realizado por Castillo (2006) reporta que con una dieta convencional la ganancia diaria de peso oscila entre 0.85-0.95 kg/día por lo que lo obtenido se considera superior en la dieta control. Por su parte Siraze (2015) obtuvo 0.93 con la dieta control y 0.99 en la dieta con selenio, por lo que en ambos casos lo obtenido en el presente experimento se considera superior. En el caso de conversión alimenticia se hallaron resultados similares entre tratamientos, con un promedio de 2.48 kg. ($P>0.05$) (Cuadro 2). Para el caso del consumo real se observan resultados con diferencia significativa, siendo el de la inclusión de 0.3 mg/kg, el tratamiento con mayor consumo (94.61 kg) y el de 0.0 mg/kg, el de menor consumo (72.03 kg) ($P<0.05$) (Cuadro 2)

En otro estudio realizado por Oliva y Sagastume (2007) obtuvieron 2.91 kg/día con una dieta de selenio, que representa una menor cantidad comparada con el Consumo voluntario del tratamiento 0.9 mg/kg, pero menor al resto de los tratamientos. Sin embargo, lo reportado por Castillo (2006) señala que con una dieta convencional el consumo diario de alimento oscila entre 2.8-3.2 kg/día por lo que lo obtenido se considera inferior en la dieta control.

Cuadro 2.

Efecto de la adición de selenio orgánico sobre el comportamiento productivo en cerdos de engorda en la etapa de finalización (75-100 kg).

Variables	Tratamientos (mg/kg) de alimento preparado				EE	Valor-P
	0.0	0.3	0.6	0.9		
N	17	18	18	18		
PI (kg)	67.647 ^c	68.492 ^{bc}	72.955 ^{ab}	76.228 ^a	1.282	0.008
PF (kg)	105.850 ^{ab}	103.355 ^b	107.542 ^{ab}	113.883 ^a	2.437	0.044
PV (kg)	38.203	34.863	34.587	37.655	2.155	0.527
GDP (g/día)	1365	1245	1235	1345	0.076	0.525
CA (kg)	2.186	3.037	2.268	2.445	0.323	0.268
CR (kg)	72.033 ^b	94.616 ^a	76.760 ^{ab}	82.204 ^{ab}	5.126	0.037

PI=Peso inicial. PF=Peso final. PV=Aumento de peso vivo. GDP=Ganancia diaria de peso. CA=Conversión alimenticia. CR=Consumo real.

5.1.2. Características de la canal. En el pH a los 45 minutos se encontraron resultados similares entre tratamientos; para el caso de la pierna se obtuvo un promedio de 6.34 así como para el del lomo, obteniendo como promedio 6.38 ($P > 0.05$) (Cuadro 3); mientras que a las 24 horas el pH disminuyó y se observa que la adición de selenio orgánico influyó con resultados diferentes entre los tratamientos (0.0, 0.3, 0.6 y 0.9 mg/kg), 6.07, 5.91, 5.64 y 5.44 para el pH de pierna y 6.085, 5.960, 5.660 y 5.425 para el pH del lomo, respectivamente ($P < 0.05$) (Cuadro 3). Estos datos son similares con lo reportado por (Wolter *et al.*, 1998) donde obtuvieron un pH de 5.39 en el tratamiento con inclusión de selenio, resultado similar al de la presente investigación en la variable *post mortem* (5.43), ($P < 0.05$) (Cuadro 3). Chacon (2004) señala que a mayor pH mejor capacidad de retención de agua en el músculo, para ello se considerará la medición realizada a los 45 minutos después del sacrificio, ya que *post mortem* los valores decrecen; el promedio de pH a los 45 minutos obtenido en este estudio 6.35 es superior a lo obtenido por Oliva y Sagastume (2007), con un promedio de 5.53.

Cuadro 3.

Efecto de la adición de selenio orgánico sobre el pH al sacrificio y post mortem en cerdos de engorda.

Variables	Tratamientos (mg/kg) de alimento preparado				EE	Valor-P
	0.0	0.3	0.6	0.9		
N	4	4	4	4		
pH Pierna	6.508	6.300	6.288	6.288	0.0852	0.2551
pH Lomo	6.495	6.298	6.333	6.420	0.1136	0.6241
pHPierna 24 hrs	6.073 ^a	5.918 ^b	5.648 ^c	5.448 ^d	0.0298	<.0001
pHLomo 24 hrs	6.085 ^a	5.960 ^a	5.660 ^b	5.425 ^c	0.0295	<.0001

pH Pierna: medición a los 45 minutos después del sacrificio. pH Lomo: medición a los 45 minutos después del sacrificio EE: error estándar. ^{a, b} columnas con diferentes literales indican diferencia estadística (P<0.05).

El rendimiento en canal, contempló un peso vivo de 98.93 kg para el tratamiento con 0.0 mg/kg de MS, mientras que en el tratamiento con 0.9 mg/kg de MS se alcanzó un peso de 110.63 kg, por consiguiente se obtuvo una diferencia en el peso de la canal caliente, obteniendo 75.24, 79.23, 85.61, 89.39 kg para los tratamientos 0.0, 0.3, 0.6 y 0.9 mg/kg, respectivamente (P<0.05) el rendimiento aumentó con la adición de selenio, obteniendo en rendimiento frío 70.113, 75.798, 90.585, 90.028 kg en los tratamientos 0.0, 0.3, 0.6 y 0.9 mg/kg, respectivamente (P<0.05) (Cuadro 4) así como rendimiento caliente 74.44, 80.32, 93.78, 98.90 kg para los tratamientos ya mencionados. Siraze (2015) señala que en su dieta control obtuvo un rendimiento en canal caliente de 71.16%, mientras que el rendimiento en canal del presente experimento fue de 74.44%, así como para el tratamiento 0.9 mg/kg, donde obtuvo 71.1%, lo que indica que la adición de selenio aumentó el porcentaje de rendimiento en canal (98.9%) (Cuadro 4). Oliva y Sagastume (2007)

obtuvieron un promedio de 72.60% para el tratamiento control y 73.16% para el tratamiento con selenio orgánico; los datos expuestos en el Cuadro 4 siguen expresando un mayor rendimiento.

Cuadro 4.

Efecto de la adición de selenio orgánico sobre el rendimiento en canal de cerdos de engorda.

Variables	Tratamientos (mg/kg) de alimento preparado				EE	Valor-P
	0.0	0.3	0.6	0.9		
N	4	4	4	4		
Peso Vivo	98.935 ^c	101.373 ^b	109.555 ^a	110.630 ^a	0.3096	<.0001
Canal Caliente	75.248 ^d	79.237 ^c	85.610 ^b	89.398 ^a	0.2783	<.0001
Canal Fría	70.865 ^c	74.775 ^b	82.683 ^a	81.378 ^a	0.7544	<.0001
Rdto Frío %	70.113 ^c	75.798 ^b	90.585 ^a	90.028 ^a	0.9039	<.0001
Rdto Caliente %	74.445 ^d	80.323 ^c	93.788 ^b	98.900 ^a	0.3174	<.0001

Rdto Frío: Porcentaje de rendimiento Frío. Rdto Caliente: Porcentaje de rendimiento Caliente. EE: error estándar. ^{a, b} columnas con diferentes literales indican diferencia estadística (P<0.05).

El color presenta diferencias en cada uno de los tratamientos; en L* siendo el valor menor el del tratamiento con 0.6 mg/kg de alimento preparado, mientras que el valor mayor fue hallado en el tratamiento 0 mg/kg (P<0.05) (Cuadro 5). Para a* se obtuvieron resultados desiguales (2.94, 1.32, 6.78, 4.37) en los tratamientos 0.0, 0.3, 0.6 y 0.9 mg/kg, respectivamente (P<0.05) (Cuadro 5) en B* el valor menor se diferenció con un signo negativo, representando en tratamiento 0.3 mg/kg, mientras que el tratamiento 0.0 mg/kg) obtuvo un valor promedio de 19.962.

Estos resultados son menores a los obtenidos en el estudio presentado por López *et al.* (2016), donde se obtuvieron los siguientes promedios para cada una de las variables: L* 58.04, a*6.51, B*14.48. Sin embargo, Olivas *et al.*, (2017) exponen los siguientes promedios para los

valores L* 48.97, a*3.95 B*11.22; siendo más similares entre sí comparados con un promedio de los valores obtenidos en el presente proyecto.

Cuadro 5.

Efecto de la adición de selenio orgánico sobre el color de la carne.

Variables	Tratamientos(mg/kg) de alimento preparado				EE	Valor-P
	0.0	0.3	0.6	0.9		
N	4	4	4	4		
L*	59.698 ^a	45.841 ^b	35.683 ^c	36.217 ^c	1.4453	<.0001
a*	2.945 ^c	1.322 ^c	6.784 ^a	4.376 ^b	0.6087	<.0001
B*	19.962 ^a	-1.610 ^b	2.119 ^b	2.855 ^b	1.8172	<.0001

L*: luminosidad (negro-blanco), a*: (verde-rojo), B*: (azul-amarillo). EE: error estándar. ^{a, b} columnas con diferentes literales indican diferencia estadística (P<0.05).

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La suplementación con selenio en la etapa de finalización no presenta cambios en la ganancia diaria de peso, ni en la conversión alimenticia. Sin embargo, mejora el rendimiento de la canal fría y caliente. Por otra parte, mejora la calidad de la carne ya que se observa que en el tratamiento con mayor inclusión se presenta una disminución en el pH *post mortem*, lo que indica una baja de estrés al sacrificio, así como un mayor porcentaje de rendimiento en canal. El uso de selenio orgánico (selenometionina) como principal componente tuvieron efectos intrascendentes sobre los parámetros productivos en la etapa de finalización, por lo cual la rentabilidad en la engorda de cerdos decrece. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que mejora significativamente la calidad de la carne; si se demuestra con estudio que el uso de selenio orgánico en la dieta de cerdos mejora el perfil de ácidos grasos y disminuye la concentración de peróxidos aumentando los beneficios a la salud humana esto podría dar como beneficio un valor agregado en la carne de cerdos.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda aplicar el presente estudio en dietas para animales desde las primeras etapas ya que es cuando se presentan un mayor desarrollo y más cambios a nivel productivo; de igual manera sería relevante realizar un estudio socioeconómico para los productores locales y analizar si el presente experimento es considerado una alternativa redituable.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acejias Quiroz, W. (2017). Uso de *Saccharomyces cerevisiae* en el alimento de cerdos en acabado. Universidad Nacional Agraria, La Molina. 1, 17-27
- Akbarian, A., Michiels J., Degroote, J., Majdeddin, M., Golian, A., De Smet, S. (2016). Asociación entre estrés por calor y estrés oxidativo en aves de corral; disfunción mitocondrial e intervenciones dietéticas con fitoquímicos. *J Anim Sci Biotechnol.*; 7: 1–14.
- Alhidary, I. A., Shini, S., Al Jassim, R.A., Abudabos, A.M. and Gaughan, J.B. (2015). *Effects of selenium and vitamin E on performance, physiological response, and selenium balance in heat-stressed sheep. J. Anim. Sci. 93:576–588. and serum biochemical indexes of Dorper Thin-Tailed Han crossbred sheep. Chin. J. Anim. Nutr. 2019, 31, 2907–2914. Animal Production Science. 58, 2117-2125.*
- Attia, Y.A., Hamid, A.E.H.S., Ismaiel, A.M., de Oliveira, M.C., Al-Harathi, M.A., El-Naggar, A.S. (2018). *Nitrate detoxification using antioxidants and probiotics in the water for rabbits. Rev Colomb Cienc Pec. 31:130–8. doi: 10.17533/udea.rccp.v31n2a06.*
- Bach KE Knudsen , MS Hedemann , HN Lærke. (2012) El papel de los carbohidratos en la salud intestinal de los cerdos. *Anim Feed Sci Technol*, 173, págs. 41 – 53.
- Barszcz M, Taciak M, Skomial J. (2017). *Influence of different inclusion levels and chain length of inulin on microbial ecology and the state of mucosal protective barrier in the large intestine of young pigs. Anim Prod Sci. doi:10.1071/AN16014.*

- Batorska, M., Więcek, J., & Rekiel, A. (2017). *Influence of organic vs inorganic source and different dietary levels of selenium supplementation in diets for growing pigs on meat quality. Journal of Elementology, 22(2).*
- Ben Salem H., Nefzaoui A., Abdouli H., Ørskov E. R. (1996): *Effect of increasing level of spineless cactus (Opuntia ficus- indica var. inermis) on intake and digestion by sheep given straw-based diets. Anim. Sci. 62, 293–299.*
- Benstoem, C.; Goetzenich, A.; Kraemer, S.; Borosh, S.; Manzanares, W.; Hardy, G.; Stoppe, C. (2015). *Selenium and its supplementation in cardiovascular disease what do we know? Nutrients 7(5): 3094-3118.*
- Braña D, Vélez A, Espinosa J, Moctezuma G, Pérez M, Jolalpa J, Martínez G, Esparza A. (2012). *Calidad en puntos de venta de carne. Primera edición, INIFAP, México. 552-558*
- Broadway, P.R., Carroll, J.A., Burdick Sanchez, N.C., Roberts, S.L., Sharon, K.P., Richeson, J.T., Corley, J.R., (2016). *Yeast probiotic supplementation mitigates some of the negative effects of heat stress in feedlot heifers. J. Anim. Sci. 94*<https://doi.org/10.2527/ssasas2015-069>. 3434, *Google Scholar*.
- Cadauid Arboleda, L. F., & Chica Benjumea, L. M. (2019). *Efecto de la dieta de los porcinos sobre el consumo de alimento, ganancia de peso total, peso final y conversión alimenticia. 15-25. 40-55,*
- Cáffaro-Tommasiello, E. M., Latorre, M. E., Cepeda, R. E., Garitta, L., Sosa, M., & Purslow, P. P. (2018). *Valoración de aspectos vinculados al consumo, calidad y seguridad de la carne, en consumidores argentinos de carne. Idesia (Arica), 36(3), 45-52.*

- Castillo, R; (2006). Producción de Cerdos. Zamorano *Academic Press*. Zamorano, Honduras. 51 p. 20-30
- Chacón, A. (2004). La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA* 15(2): 225-243.
- Chao, Y.M.; Chen, D.W.; Yu, B.; He, J.; Yu, J.; Mao, X.B.; Luo, Y.H.; Huang, Z.Q.; Luo, J.Q.; Wang, S.H. (2016) *Effects of tea polyphenol on growth performance, antioxidant capacity, carcass performance and meat quality of finishing pigs. Chin. J. Anim. Nutr.* 28, 3996– 4005.
- Chen J, Zhang F, Guan W, Song H, Tian M, Cheng L. (2019) *Increasing selenium supply for heatstressed or actively cooled sows improves piglet preweaning survival, colostrum and milk composition, as well as maternal selenium, antioxidant status and immunoglobulin transfer. J Trace Elem Med Biol.* 52:89–99. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.11.010.
- Dalgaard, T. S., Briens, M., Engberg, R. M., & Lauridsen, C. (2018). *The influence of selenium and selenoproteins on immune responses of poultry and pigs. Animal feed science and technology*, 238, 73-83.
- Danura, S. (2010). Requerimientos nutricionales y Plan de Alimentación para la etapa de Crecimiento y Terminación. 1-3
- De Oliveira, A.C.D.F., Vanelli, K., Sotomaior, C.S., Weber, S.H., Costa, L.B., (2019). *Impacts on performance of growing- finishing pigs under heat stress conditions: a meta-analysis. Vet. Res. Commun.* 43 (1), 37–43. <https://doi.org/10.1007/s11259-018-9741-1>. *Google Scholar*.

- Duche-Garcia, T. T. Aquimín. (2017). Agricultura de traspatio y agroecología en el proyecto estratégico de seguridad alimentaria (PESA-FAO) del estado de Puebla. *agric. soc. desarro* [online]. vol.14, n.2, pp.263-281.
- Fang, J., Cao, Y., Matsuzaki, M., Suzuki, H., Kimura, H., (2016). *Effects of apple pomace-mixed silage on growth performance and meat quality in finishing pigs. Anim. Sci. J.* 87, 1516–1521.
- FAO, (2020). Perceptivas alimentarias, *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 7 (526). <https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00526>.
- Gabler NK, Koltcs D, Schaumberger S. (2018) *Diurnal heat stress reduces pig intestinal integrity and increases endotoxin translocation. Transl Anim Sci* 2, 1–10.
- Galaz-Galaz, V.M., Moreno-Salazar, S.F., Dávila-Ramírez, J.L., Sosa-Castañeda, J., CelayaMichel, H., Morales-Munguía, J.C., Barrales-Heredia, S.M., Barrera-Silva, M.A., (2018). Efectos de la suplementación de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*) y dietas con diferentes densidades de nutrientes en cerdos en crecimiento finalización bajo estrés calórico severo. *Interciencia* 48, 574–579. *Google Scholar*.
- García, E., (1986): Apuntes de climatología, Mexico, D.F., Quinta edición, *Printed in México*. 5-9
- Gómez Lema, K. D. (2019). Identificación de tres sub-productos agrícolas como una alternativa nutricional en la producción de cerdos durante la fase final de engorde (Bachelor's thesis, BABAHOYO; UTB, 2019). 8-10, 16-18

- Halliwell B, Gutteridge JM. (2015) Radicales libres en biología y medicina. *Oxford University Press*, Estados Unidos. 2-4, 6-7, 10-15
- Hancox, L.R., Le Bon, M., Richards, P.J., Guillou, D., Dodd, C.E., Mellits, K.H., (2015). *Effect of a single dose of Saccharomyces cerevisiae var. boulardii on the occurrence of porcine neonatal diarrhoea. Animal C 9*, 1756–1759.
- Hu H, Wang M, Zhan X, Li X, Zhao R. (2011). *Effect of different selenium sources on productive performance, serum and milk Se concentrations, and antioxidant status of sows. Biol Trace Elem Res 142*: 471 -480, doi: 10.1007/s12011-010-8803-1
- Infopork.com (2014). Importancia de la conversión alimenticia en la producción porcina. Disponible en: <http://www.infopork.com/> (consulta: 17/11/2021)
- INTA (2010). VIII nutrición y alimentación:eficiencia y conversión. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_porcinos_capviii.pdf (consulta: 18/12/2021).
- Jansman, A. J. M., Cirot, O., Corrent, E., Lambert, W., Ensink, J., & van Diepen, J. T. M. (2019). *Interaction and imbalance between indispensable amino acids in young piglets. animal*, 13(5), 941-949.
- Jiang, J.; Tang, X.; Xue, Y.; Lin, G.; Xiong, Y.L. (2017). *Dietary linseed oil supplemented with organic selenium improved the fatty acid nutritional profile, muscular selenium deposition, water retention, and tenderness of fresh pork. Meat science 131*: 99-106.
- Jiang,J.J Yin,A.W.;Gao,P.F.;Fresh-Keeping (2017) *Efect of thorn tea polyphenols on chilled pork. J. Hunan Inst. Eng., 27*, 47– 52.

- Lan RX, Li TS, Kim IH. (2016). *Effects of essential oils supplementation in different nutrient densities on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and fecal microbial shedding in weaning pigs. Anim Feed Sci Tech.* 214:77– 85.
- Lanza G.M. (2000). Efecto del selenio orgánico en el desempeño de cerdas multíparas y lechones durante la lactancia. ZAMORANO: carrera de ciencias y producción agropecuaria. P. 1, 2, 5-9.
- Lee, D.J., Liu, X., Sun, H.Y., Park, J.W., Kim, I.H., (2018). *Effects of yeast culture (Saccharomyces cerevisiae) supplementation on growth performance, fecal score, and nutrient digestibility of weaning pigs. J. Anim. Sci.* 96, 48–49.
<https://search.proquest.com/docview/2048063169?accountid=14646>.
- Li YJ, Li JL, Zhang L, Gao F, Zhou GH. (2017). *Effects of dietary starch types on growth performance, meat quality and myofibre type of finishing pigs. Meat Sci.* 131:60.
- Ling Zhao, Lv-Hui Sun, Jia-Qiang Huang, Mickael Briens, De-Sheng Qi, Shi-Wen Xu, Xin Gen Lei; (2017). *A new organic selenium compound exerts unique regulation of selenium speciation, selenogenome, and selenoproteins in broiler chickens, The Journal of Nutrition*, 2013-2020
- Liu, F., Celi, P., Cottrell, J. J., Chauhan, S. S., Leury, B. J., & Dunshea, F. R. (2018). *Effects of a short-term supranutritional selenium supplementation on redox balance, physiology and insulin-related metabolism in heat-stressed pigs. Journal of animal physiology and animal nutrition*, 102(1), 276-285.

- López L, Braña D, Hernández I. 2013. Estimación de la vida de anaquel de la carne. Primera edición, INIFAP, México. P. 10, 17, 20.
- Ly, J., Caro, Y. and Contino, Y. (2019). Crecimiento y patrón de consumo de cerdos jóvenes alimentados con harina de follaje de *Albizia lebbek* Benth. V Convención Internacional AgroDesarrollo. Varadero. P. 2, 4-6
- Mahan, D.C. y Y.Y. Kim (1996.) *Effect on inorganic or organic selenium at two dietary levels on reproductive performance and tissue selenium concentrations in first-parity gilts and their progeny. J. Anim. Sci.* 74: 2711-27-18
- Merlot E, Gilbert H, Le Floc'h N. (2016). *Metabolic response to an inflammatory challenge in pigs divergently selected for residual feed intake. J Anim Sci.* 94:563–573.
- Moreno et al (2009): *Looking into the future for agriculture and AKST (Agricultural Knowledge Science and Technology). In Agriculture at a crossroads (eds B. D. McIntyre, H. R. Herren, J. Wakhungu & R. T. Watson), pp. 307 –376.*
- NRC National Research Council, (2012): *Nutrient Requirement of Small pigs. National Academic, Washington, DC, 384p.*
- Oliva Zelaya, M. y J.O. Sagastume. (2007). Efecto de la adición de selenio orgánico en la dieta de cerdos de engorde sobre la calidad de la canal. Tesis Ing. Agr. El Zamorano. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. pp.1, 4-7
- Olivas J. A., Díaz L. M., Xóchihua J. M., Molina R. M., Hernández J. F., 2017. Indicadores de calidad en carne de cerdo de diferentes centros comerciales de ciudad Obregón, Sonora. Nacameh, Vol 11, N° 2.

- ONU / ACC / SCN. (2013): 2000. Cuarto Informe sobre la situación nutricional mundial. Enero 2000, Ginebra, Suiza. ONU. *United Department of Economic and Social Affairs*. 25. 30, 35-55
- Opapeju F, D. Krause , R. Payne , M. Rademacher , C. Nyachoti. (2009) Efecto del nivel de proteína en la dieta sobre el rendimiento del crecimiento, indicadores de salud entérica y ecología microbiana gastrointestinal de cerdos destetados inducidos con colibacilosis posdestete. *J Anim Sci* , pp. 2635 – 2643.
- Palazón Bru I. (2016). Asociación entre la concentración sérica de selenio y el perfil lipídico en una población infantil y adulta. 83-172
- Pérez Vázquez, A., Leyva Trinidad, D. A., & Gómez Merino, F. C. (2018). Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(1), 175-189.
- Prabhu KS, Lei XG. (2016). *Selenium. Adv Nutr* [Internet]. 7(2):415–7. *Research* 172(2): 465-473.
- Rauw, W. M., Rydhmer, L., Kyriazakis, I., Øverland, M., Gilbert, H., Dekkers, J. C., ... & Gomez-Raya, L. (2020). *Prospects for sustainability of pig production in relation to climate change and novel feed resources. Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(9), 3575-3586.
- Reynolds, R. J. B., & Pilon-Smits, E. A. (2018). *Plant selenium hyperaccumulation-Ecological effects and potential implications for selenium cycling and community structure. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1862(11), 2372-2382.

- Rodrigues, G. P. (2016). *Suplementação de cromo e selênio orgânicos para suínos machos castrados dos 25 aos 110kg. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.21-40*
- Shen YB, Fellner V, Yoon I, Kim SW. (2017). *Effects of dietary supplementation of Saccharomyces cerevisiae fermentation product to sows and their offspring on growth and meat quality. Transl Anim Sci.* 1:45– 53.
- Silva, V. A., Bertechini, A. G., Clemente, A. H. S., de Freitas, L. F. V. B., Nogueira, B. R. F., de Oliveira, B. L., & Ramos, A. D. L. S. (2019). *Different levels of selenomethionine on the meat quality and selenium deposition in tissue of finishing pigs. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103(6), 1866-1874.
- Siraze, D. M., & Veliz, E. G. (2015). *Evaluación de selenio orgánico en la dieta de cerdos de engorde. Escuela agrícola panamericana, Zamorano. pp. 1, 2, 5-10*
- Song, Yx., Hou, Jx., Zhang, L. *et al.* (2015) *Efecto de la suplementación con selenometionina en la dieta sobre el rendimiento del crecimiento, la concentración de selenio tisular y la actividad de glutatión peroxidasa en sangre en cabras boer. Biol Trace Elem Res* 167, 242–250.
- Stein HH, GA Casas , JJ Abelilla , Y. Liu , RC Sulabo. (2015). *Valor nutricional de los coproductos con alto contenido de fibra de las industrias de la copra, el palmiste y el arroz en las dietas para los cerdos. J Anim Sci Biotechnol , 6, Google Scholar. Interciencia* 48, 574–579.

- Su, P.; Song, S.Y.; Wu, Q.M.; Su, X.; Liu, Y. (2026). *Efects of Flavonoids from Okra and Yeast microcapsules on Fresh-keeping of cold meat*. *J. Subramaniam, M.D., Kim, I.H., Clays as dietary supplements for swine: a review. J. Anim. Sci. Biotechnol.* 6, 38.
- Suárez Del Cerro, M., Iglesias, BF, Jaurena , G. , Santos Ledur , V. , Beribe , MJ , Stoppani , L. , & Carrera , MJ (2019). Calidad nutricional de los simulacros de maíz seco (DDGS) para cerdos. Ediciones INTA. pp 50, 56-60
- Sukhanova, S. F., Kurskaya, Y. A., Bischokov, R. M., & Temiraev, R. B. (2021). *Exchange processes in the organism of goslings of different ages feeding with selenium-containing fodder supplement. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 624, No. 1, p. 012096). IOP Publishing.* 254, 270
- Urriola PE, HH Stein. (2010). Efectos de los granos secos de destilería con solubles sobre la digestibilidad de aminoácidos, energía y fibra y sobre la fermentación de fibra dietética en el intestino posterior en una dieta de harina de maíz y soja para cerdos en crecimiento. *J Anim Sci*, 88 (4), pp. 1454 – 1462.
- Williams B., D. Zhang, AT Lisle , D. Mikkelsen , CS McSweeney , S. Kang , WL Bryden , MJ Gidley. (2016) El arabinoxilano soluble mejora los biomarcadores de salud microbiana del intestino grueso en cerdos alimentados con una dieta que contiene carne roja. *Nutrición* , 32 (4), págs. 491 – 497.
- Wolter, B., M. Ellis, F.K. McKeith, K.D. Miller y D.C Mahan. (1998). *Influence of dietary selenium source on growth performance, and carcass and meat quality characteristics in pigs. Canadian Journal or Animal Science*, 1999, 79(1): 119-12

- Wu, F.G.(2019) *Efect of Traditional Chinese Medicine Praparation of Selenium-Rich Lactobacillus on Groth Performance, Serum Indexes and Carcass Quality of Finishing Pigs*; Yanbian University: Yanji, China. 80-83.
- Yan D, Wang G, Xiong F, Sun W-Y, Shi Z, Lu Y, (2018). *A selenium-catalysed para-amination of phenols*. *Nat Commun* [Internet];9(1):4293.
- Yan, H., Jin, C., Gao, C., Wang, Q., Zhang, Z., Xu, Y., Li, H., Wang, X., (2010). *Effects of pioglitazone hydrochloride and vitamin E on meat quality, antioxidant status and fatty acid profiles in finishing pigs*. *Meat Sci*. 145, 340–346.
- Yang Hs, F.Wu, Ln Long, Tj Li , X. Xiong , P. Liao , Hn Liu, Yl Yin. (2016). *Effects of yeast products on gut morphology, barrier function, cytokine expression, and antioxidant system of weaned piglets*. *Universidad de J Zhejiang - Sci B*,17, págs. 752-762.
- Zhang, K., Zhao, Q., Zhan, T., Han, Y., Tang, C., & Zhang, J. (2020). *Effect of different selenium sources on growth performance, tissue selenium content, meat quality, and selenoprotein gene expression in finishing pigs*. *Biological Trace Element Research*, 196(2), 463-471.
- Zhang, S., Wu, Z., Heng, J., Song, H., Tian, M., Chen, F., & Guan, W. (2020). *Combined yeast culture and organic selenium supplementation during late gestation and lactation improve preweaning piglet performance by enhancing the antioxidant capacity and milk content in nutrient-restricted sows*. *Animal Nutrition*, 6(2), 160-167.
- Zhao, L.; Sun, L.H.; Huang, J.Q.; Briens, M.; Qi, D.S.; Xu, S.W.; Lei, X.G. (2017). *A novel organic selenium compound exerts unique regulation of selenium speciation,*

selenogenome, and selenoproteins in broiler chicks. The Journal of nutrition 147(5): 789-797.

Zhao, Q.; Zhang, K.; Zhan, T.; Han, Y.; Tang, C.; Zhang, J. (2017). *Effect of diferent selenium sources on growth performance, tissue selenium content, meat quality, and selenoprotein gene expression in finishing pigs. Biol. Trace Elem. Res*, 191, 1–9.

Zhu W, Zhang BX, Yao KY, Yoon I, Chung YH, Wang JK,. (2016). *Effects of supplemental levels of Saccharomyces cerevisiae fermentation product on lactation performance in dairy cows under heat stress. Asian-australas J Anim Sci.*29:801–6. doi: 10.5713/ajas.15.0440.

Zouaoui, MP Létourneau-Montminy, F.Guay (2018). Efecto de la fitasa sobre la digestibilidad de los aminoácidos en el cerdo: un meta análisis. *Anim RSS Sci Technol*, 238, pp.18-28.

Zúniga-González, C. A., Blanco-Roa, N. E., Berrios, R., Martínez-Avendaño, J., & Navas-Calderón, J. (2015). Impacto de la reducción de Metano en las Economías Verde de los sistemas de producción pecuaria de América Latina. *Universitas (León). Revista Científica de la UNAN-León.*, 6(1), 30-48.