



CLAVE: 13DIT0001E

## **Titulación integral**

### **Tesis**

Uso de dos fuentes de colina en dietas para cerdos y su influencia  
en la productividad

Para obtener el título de:

**Ingeniería en agronomía**

**Presentan**

Ronaldo Reyes Martínez

Emmanuel Alejandro Soveranes Martínez

**Director de tesis**

Ing. Roberto Jiménez san juan

**Codirectores**

Dr. Luis Félix Gutiérrez Hernández

M. en C. Martín Hernández Mogica

M. en C. Graciano Aguado Lara

M.T.I. Salomon Blas Hernández

SEPTIEMBRE 2020



Km. 5.5 Carretera Huejutla-Chalahuiyapa, C. P.  
43000

Huejutla de Reyes, Hgo. Tel./Fax: 789 89



RSGC-582 Alcance de la Certificación: Servicio  
educativo que comprende desde la inscripción  
hasta la entrega del Título y Cédula  
Profesional de licenciatura

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer Al **Instituto Tecnológico de Huejutla** por todas las atenciones prestadas durante el periodo como estudiante, por permitir mi crecimiento académico, personal por la oportunidad de conocer a grandes y verdaderos amigos.

Al **ING, ROBERTO JIMENEZ SAN JUAN** por el apoyo brindado, por la paciencia, confianza, enseñanza y amistad que en todo momento me brindó, el apoyo académico, físico y moral para la ejecución del presente trabajo y así se realizara de una manera exitosa muchas gracias

Al **Dr. Rafael Nieto Aquino** por su confianza, consejos y apoyo incondicional durante la realización de este trabajo de investigación.

Al **M.V.Z Melchor Olivares nochebuena** por su amistad, la paciencia, la infinidad de conocimientos compartidos, los consejos, el apoyo físico y moral gracias

Al **M.V.Z Pedro Azuara** por su amistad brindada, los sabios consejos y formar parte de mi formación profesional.

A mis compañeros y grandes amigos a ellos muchas gracias por su amistad brindada, apoyo físico y moral, por las experiencias compartidas en nuestra formación.

A los **Codirectores de tesis, profesores y Personal administrativo de la carrera de Agronomía** muchas gracias por su apoyo incondicional agradecimiento a todos aquellos académicos, amigos y familiares contribuyeron a la formación profesional.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres:**

Por el apoyo incondicional que siempre me brindaron, por el gran esfuerzo que realizaron para que yo pudiera realizar mi sueño profesional, porque sin escatimar esfuerzos impulsaron mi desarrollo personal haciendo de mí una persona de valores y superación, a ellos les doy las gracias por ayudarme a ser lo que soy ahora.

### **A mis hermanos:**

Por las palabras de aliento que me brindaron en los momentos complicados durante mi periodo estudiantil por ser un ejemplo claro de superación y esfuerzo.

### **A mi familia:**

Por brindarme su apoyo y cariño en cada una de mis etapas como estudiante, agradeciendo sus palabras y sabios consejos en los momentos difíciles de mi vida, a ellos muchas gracias.

### **A mis profesores:**

Por brindarme gran parte de sus conocimientos, por su paciencia, por su dedicación y preocupación en formar de mi un gran profesionalista, y una gran persona.

### **A mis amigos:**

Por estar conmigo en mis logros y fracasos, por el apoyo que me brindaron durante todo el tiempo que convivimos como estudiantes y motivarme día con día a lograr mis metas.

# USO DE DOS FUENTES DE COLINA EN DIETAS PARA CERDOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de colina en cantidades adicionales al requerimiento de dos fuentes (T1. C. natural de origen herbal 0.33% Y T2. C. sintética, 0.33%), sobre variables productivas, características de la canal y concentración de urea en plasma sanguíneo, se realizó un estudio con 20 cerdos híbridos (Landrace x Pietrain) de ambos sexos, con un peso de inicial de ( $40 \pm 3.0$  kg.); desarrollo (50 a 75 kg;  $\pm 3$  kg peso); y finalización (75 a 100 kg;  $\pm 3$  kg peso); con diez repeticiones cada tratamiento, con alojamiento individual y alimentación *a libre acceso*. Las dietas se elaboraron a base de sorgo-pasta de soya, aminoácidos sintéticos adicionados con colina. Cada etapa duro cuatro semanas, para el caso de crecimiento y finalización y para la iniciación se dio una semana de adaptación, se evaluó la respuesta productiva en cerdos, determinando las características de la canal y la concentración de urea en plasma sanguíneo, y después de haber corrido los datos estadísticos en un diseño completamente al azar donde la unidad experimental fue un cerdo alojado en corral individual y las variables analizadas se ejecutaron con el procedimiento GLM y MIXED (SAS,2010) y la comparación de medias de tratamientos se corrieron con la prueba de Tukey (Steel DRG,1997) con el ( $P \leq 0.05$ ) de Nivel de significancia., donde no existió diferencia significativa entre ambos tratamientos, sin embargo los promedios estadísticos de los tratamientos reflejaron un resultando de positividad en las tres variables mencionadas, el T1. (Colina herbal) con una diferencia de 0.200 kg de ganancia de peso vivo contra el T2 (Colina sintética), así como el porcentaje de medición de grasa dorsal de 13.3 mm para el T1 y para el T2 de 14 mm y para el promedio de área de grasa el T1 fue de 3264.8 mm<sup>2</sup> comparado con el T2 con 3190.3 mm<sup>2</sup>., además de resultados negativos en las pruebas de concentración de urea en plasma sanguíneo, por esta razón recomendamos adicionar colina herbal a las dietas alimenticias de cerdos, puesto que la ganancias de peso y económicas son más positivas, además de que siempre es recomendable consumir proteína de origen orgánico y vegetal.

**Palabras clave:** Colina sintética, colina herbal, variables productivas, características de la canal y concentración de urea en plasma.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	IV
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	VII
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	VIII
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	01
<b>II. OBJETIVO GENERAL</b> .....	02
<b>III. OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	02
<b>IV. FUNDAMENTO TEORICO</b> .....	03
<b>4.1.</b> Características de la colina .....	03
<b>4.2.</b> Composición química de la colina.....	03
<b>4.3.</b> Funciones de la colina .....	03
<b>4.4.</b> Colina y su importancia en el metabolismo.....	04
<b>4.5.</b> Colina en ovinos y caprinos .....	09
<b>4.6.</b> Colina en la reproducción .....	10
<b>V. PROCEDIMIENTO</b> .....	12
<b>5.1.</b> Descripción del lugar de estudio .....	12
<b>5.2.</b> Animales, dietas e instalaciones .....	12
<b>5.3.</b> Instalaciones .....	19
<b>5.4.</b> Toma de muestras y datos .....	19
<b>5.5.</b> Análisis estadístico .....	20
<b>VI. EVALUACIÓN O IMPACTO ECONÓMICO</b> .....	21
<b>VII. RESULTADOS</b> .....	22
<b>7.1.</b> Ganancia de peso .....	22
<b>7.2.</b> Consumo de alimento Semanal .....	23
<b>7.3.</b> ganancia de peso por semana .....	24

<b>VIII.</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>26</b>
<b>IX.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>27</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>32</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Composición de la dieta para cerdos en etapa de Inicio (42-50 kg).....	13
<b>Cuadro 2.</b> Aporte nutricional.....	14
<b>Cuadro 3.</b> Composición de la dieta para cerdos en etapa de crecimiento (50-75 kg). .....	15
<b>Cuadro 4.</b> Aporte nutricional, %.....	16
<b>Cuadro 5.</b> Composición de la dieta para cerdos en etapa de Finalización (75-100 kg) .....	17
<b>Cuadro 6.</b> Aporte nutricional, % .....	18

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica del área de estudio .....	12
<b>Figura 2.</b> Ganancia de peso total (kg) durante las 9 semanas de engorda en cerdos. CS: Colina Sintética. CH: Colina Herbal .....	22
<b>Figura 3.</b> Consumo de alimento (kg) por semana. CS: Colina Sintética. CH: Colina Herbal. a, b: Valores con distinta literal son diferentes.....	23
<b>Figura 4.</b> Ganancia de peso (kg) por semana. . CS: Colina Sintética. CH: Colina Herbal.....	24
<b>Figura 5.</b> Área en mm <sup>2</sup> en el área del musculo <i>Longissimus dorsi</i> tomada con ultrasonido .....	25
<b>Figura 6.</b> Espesor de grasa (mm) en el área del musculo <i>Longissimus dorsi</i> tomada con ultrasonido. ....	25
<b>Figura 7.</b> Realización de comederos individuales.....	32
<b>Figura 8.</b> Cerdos en experimentación.....	32
<b>Figura 9.</b> Manejo sanitario de corraletas individuales.....	33
<b>Figura 10.</b> Elaboración de dietas alimenticias .....	33
<b>Figura 11.</b> Pesaje de semovientes porcinos .....	34
<b>Figura12.</b> Toma de muestras sanguíneas en vena cava de cada cerdo .....	34
<b>Figura 13.</b> Imágenes por ultrasonografía del longissimus dorsi para la determinación de área de musculo y espesor de grasa dorsal .....	35
<b>Figura 14.</b> Ultrasonidos.....	36

## I. INTRODUCCIÓN

La eficiencia productiva en la industria porcina se refiere a la utilización óptima de los recursos disponibles para producir el mayor número de lechones y kilogramos de carne, de la mejor calidad y en el menor tiempo posible, desde la maternidad hasta la finalización del cerdo, a partir del siglo XX inicia una corriente creciente que pone mayor atención en mejorar el crecimiento y la conformación en los animales de abasto, a través de la mejora en la nutrición, selección genética y las técnicas de medición de estas variables; es así como hoy en día existen animales con altos índices de crecimiento y eficiencia alimenticia, que producen carne con mayor contenido de tejido magro y menos grasa (Mitchell AD, 2007).

Adicionalmente, la selección genética ha incrementado la prolificidad de la cerda, al originar camadas más numerosas al nacimiento, dada la mejora genética para mayor porcentaje de ovulación y supervivencia embrionaria o fetal (Foxcroft GR, 2009). La importancia del uso de la colina se ha documentado en corderos pre-rumiantes (NRC, 2007) y becerros (NRC, 2000; 2001)., En vacas lecheras, la colina facilita la síntesis de fosfolípidos, la absorción y transporte de lípidos a la glándula mamaria, lo que favorece la síntesis de grasa de la leche (Erdman *et al.*, 1984; Santos y Lima, 2007). La colina presente o que se agrega a los alimentos se degrada en el rumen (Atkins *et al.*, 1988); por lo cual este nutrimento debe protegerse de la degradación para que los rumiantes la aprovechen mejor (Sharma y Erdman, 1989b). En busca de disminuir el uso de productos sintéticos una alternativa viable es el uso de productos de origen vegetal. Estudios en corderos demuestran que la adición de colina de herbal mejoró el peso vivo final cuando se alimentaban con altas raciones de granos (Godinez-Cruz *et al.*, 2015).

El objetivo de la presente investigación fue **Evaluar la adición de colina provenientes de dos fuentes, en dietas para cerdos y su influencia** en las variables productivas de cerdos desde su etapa de inicio hasta la finalización, donde esperábamos que la suplementación con dos fuentes de colina (herbal y protegida) mejorara las variables productivas teniendo un efecto positivo mayor en la colina de origen vegetal.

## **II. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la adición de colina provenientes de dos fuentes, en dietas para cerdos y su influencia en la productividad

## **III. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Evaluar la respuesta productiva en cerdos
- Determinar las características de la canal y la concentración de urea en plasma sanguíneo.

## VI. FUNDAMENTO TEORICO

### 4.1 Características de la colina

La colina es una base de amonio cuaternaria, derivada de la etanolamina por metilación de adenosilmetionina, también conocida como etanolamina, componente esencial de las dietas en mamíferos debido a que se requiere para un funcionamiento normal de las células, la cual, mediante su síntesis, produce materiales biológicos esenciales como la acetilcolina y varios fosfolípidos (Kuksis y Mookerjea, 1978). La colina fue clasificada en un grupo vitamínico del complejo-B pero no satisface la función de una vitamina estándar la cual debe ser sintetizada endógenamente y que sea un cofactor de alguna enzima, a diferencia de otras vitaminas hidrosolubles.

### 4.2 Composición química de la colina

La colina [(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N + CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH], también conocida como etanolamina de trimetilo, es un componente esencial en la dieta de mamíferos, ya que se requiere para el funcionamiento normal de las células. Esto fue descubierto por Andreas Strecker en 1862, pero se reconoció como nutriente esencial para los seres humanos hasta 1998, cuando se establecieron ingestas dietéticas de referencia. La colina se determinó inicialmente esencial en la prevención del hígado graso en ratas y perros (Best y Huntsman, 1932).

### 4.3 Funciones de la colina

La colina tiene tres funciones metabólicas principales como: (1) componente de la fosfatidilcolina, la cual tiene funciones estructurales en las membranas biológicas, y en la utilización de los lípidos de los tejidos; (2) precursor del neurotransmisor acetilcolina; y (3) precursor de la betaína, la cual sirve como precursor de grupos metilos lábiles para las reacciones de metilación, como en los casos de la formación de metionina a partir de homocisteína y creatina a partir de ácido guanidoacético (NRC, 2007). La colina es una vitamina que funciona de varias maneras, principalmente como un fosfolípido, teniendo un papel importante en la integridad de la membrana celular y participando en la digestión y transporte de lípidos (Bindel *et al.*, 2000). La colina, entre otras funciones fisiológicas, evita la acumulación de

grasas en el hígado estimulando la eliminación de los triglicéridos mediante su transformación en lecitinas. También participa en procesos de transmetilación en interrelación con el ácido fólico y la vitamina B12 para la formación de metionina a partir de la homocisteína y la creatina.

#### **4.4 Colina y su importancia en el metabolismo**

La colina desempeña un papel importante en el metabolismo, especialmente en el transporte de los lípidos. Es un agente lipotrópico debido a su capacidad para prevenir o corregir el exceso de deposición de grasa en el hígado, que generalmente aparece como consecuencia de su deficiencia en la dieta. La fosfatidilcolina es el principal fosfolípido de los rumiantes, esencial para la absorción y transporte de lípidos, mantenimiento de las estructuras de la membrana celular, la señalización celular y la síntesis de las lipoproteínas (Zeisel y Holmes-McNary, 2001). El segundo compuesto sintetizado a partir de la colina, la acetilcolina, es un neurotransmisor en el sistema nervioso central y periférico, y es crítico en las uniones neuromusculares para las contracciones musculares.

La acetilcolina es sintetizada a partir de colina y acetyl-CoA en las neuronas. Debido a que la colina es un componente crítico para la síntesis de fosfolípidos y de neurotransmisores, apoya la integridad estructural y las funciones de señalización en las membranas celulares, tiene influencia en la neurotransmisión colinérgica y la cognición, además de ser una fuente importante como donador de grupos metilos lábiles vía la betaína para las reacciones de metilación, como en los casos de la formación de metionina a partir de homocisteína y creatina a partir de ácido guanidoacético (Erdman, 1991; Zeisel y Holmes-McNary, 2001)

La colina es necesario en grandes cantidades por lo que no siempre la síntesis fisiológica es suficiente para una óptima productividad. Es también una importante fuente de grupos de metil para la síntesis de importantes compuesto estado relacionada con otras sustancias donantes de grupos de metil tales como la betaina y la metionina. en particular existe una estrecha reacción entre la cantidad de metionina absorbida y las necesidades de colina estimándose que más de 30 % de la

metionina absorbida es utilizada por las vacas para sintetizar colina en este sentido la colina permite economizar metionina y viceversa (NRC, 2001).

La colina, la metionina, la betaina, el ácido fólico y la vitamina B12 en la dieta contribuyen a los requerimientos de la colina. La estimación entre estas sustancias se debe a su participación en el metabolismo de un carbono de metilo en el que los dos principales donantes de metilo son la betaina, un metabolito de la colina y el S-adenosil L- metionina (SAM) un metabolito de la metionina la demanda de colina como donante de metilo es probablemente el principal factor que determina con qué rapidez la deficiencia de colina induce un estado de enfermedad. Sin embargo, los grupos metilo también se pueden sintetizar de nuevo en el cuerpo a través del sistema de tetrahidrofolato (thf) la entrada de estos grupos en el ciclo de metilación requiere vitamina B12 por estas razones es probable que la colina sea un nutriente esencial para los mamíferos cuando la metionina y el ácido fólico son limitados en la dieta (Baldi y Pinotti, 2016).

La colina tiene tres funciones metabólicas principales componente de la fosfatidilcolina (PCH) Precursor del neurotransmisor acetilcolina y precursor del neurotransmisor acetilcolina y precursor de la betaina. La síntesis de la colina potencialmente consume tres unidades de metionina como donante de grupos metilo (CH<sub>3</sub>). La síntesis de colina de nuevo ocurre a través de la metilación secuencial de fosfatidiletanolamina siendo los grupos metilo suministrados por SAM. Sin embargo, la presencia de esta vía no significa que no se requiere la colina externa de echo la eficiencia dietética de la colina produce varias disfunciones cuando otros nutrientes son limitantes (Baldi y Pinotti.2016).

Puede sintetizarse de forma endógena como colina o en forma de fosfolípidos (Pinotti et al. 2002; Baldi y Pinotti,2016) o bien puede obtenerse a través de la ingesta, en forma hidrófila (colina libre, fosfocolina y glicerofosfocolina) o liposoluble (PCH y esfingomielina) (Lewis et al., 2015 Richard et al 2001). Se encuentra en soya harina de colza, harina de pescado (Pinotti et al.,2002). Cebada de maíz, harina de algodón y heno de alfalfa; suele encontrarse en concentraciones inferiores a 0.68 mg/g de MS y su digestibilidad varía entre 80 y 84% (Supriyati et al., 2002). Sin

embargo es susceptible a la degradación a nivel ruminal donde solo una pequeña porción escapa para ser absorbida a nivel intestinal en forma de lisofosfatidilcolina (LP) o colina (Li y vance, 2008).

El requerimiento de colina puede satisfacerse a través del consumo de metionina (zhars et al, 2006), betahina, vitamina B9 y B12 (savoini et al, 2010) sin embargo, esto compromete disponibilidad de estos metabolitos para otras funciones. La concentración de colina se equilibra mediante la ingesta y participación en las vías de metilación su depleción es mediante oxidación y/o secreción biliar compch (Li y vance, 2008).

Los animales producen colina de forma endógena en el hígado, pero a medida que van envejeciendo pierden la capacidad de producirla por lo cual el ser humano ha logrado sustituirlo a través de síntesis química o de extracción de ciertas plantas. Siendo las principales fuentes de colina: cloruro de colina (síntesis química, fosfatidicolina, fosfatidilinositol, fosfatidile tanolamina (almera et al., 2013

Como fuente de colina se utiliza el que contiene 87% de esta y es de origen sintético en sus distintas presentaciones líquidas (75% de cloruro de colina en agua) y sólidas (50 o 60% de cloruro de colina incorporada en sílice o en sustrato vegetal). Todas son de naturaleza corrosiva y de baja biodisponibilidad ya que de la colina presentes en ellas dos terceras partes es consumida por los microorganismos del tracto gastrointestinal y transformada en trimetilamina (TMA). La TMA es un metabolito tóxico para los animales y responsable del típico olor a pescado que las caracteriza (jones, 2014).

El cloruro de colina se obtiene a partir del metanol y del amoníaco con posterior reacción con óxido de etileno y ácido clorhídrico. Es una sustancia estable pero muy reactiva. Su adición en cantidades altas de micro correctores concentrados reduce la estabilidad de numerosas vitaminas por lo que es aconsejable su incorporación directa al pienso especialmente en correctores que se almacenan por más de 14-21 días así mismo, la forma líquida es muy corrosiva especialmente con altas temperaturas y alto contenido en oxígeno, conductos y válvulas deben de ser de

acero inoxidable aleaciones o plásticos especiales resistentes a la corrosión. (jones.2014; aldaz. 2012).

Esto da como resultado una baja disponibilidad de colina para la absorción intestinal. Para ser eficaz, por lo tanto, la suplementación con colina debe administrarse a una forma protegida del rumen. Recientemente se han conseguido elaborar fuentes de colina protegida por encapsulamiento y recubrimiento con grasa, de estas dos la micro encapsulación es el proceso más comúnmente utilizando para proteger una sustancia de la degradación. (hutjens 2013).

Las micro capsula pueden formularse para permitir la elaboración controlada del suplemento en un lugar deseado en el intestino mejorando así su efectividad asegurando una dosificación óptica y ampliando el rango de aplicación de los ingredientes de la alimentación e ingesta. La colina no es efectiva a menos que se administre por un método que evite la degradación en el rumen. En otras palabras, la colina debe ser post ruminalmente efectiva. El método preferido de administración de la colina es por vía oral. El uso de la encapsulación hace que el proceso de liberación sea más fácil porque la colina protegida se puede mezclar directamente con el pienso permitiendo que el rumiante ingiera la colina mientras come (King y rompal, 1998, hutjens, 2013).

Muchos estudios han reportado respuestas productivas estadísticamente significativas ala suplementación de ración con colina protegida (RCP). Pinotti et al. (2006). Encontraron diferencias de 2.3 kg. Más de leche corregida por grasa. Elek et al. (2008) determinaron que vacas alimentadas con RCP producían 2.49 kg. Más de leche corregida por grasa por día (4.4kg. litros más leche por día) durante la lactación temprana, y estos resultados fueron respaldados por una disminución de las concentraciones de triglicéridos hepáticos y de BHBA.

Sin embargo a pesar de esas investigaciones exitosas con colina protegida, no significa que el producto de RCP será efectivo ya que algunos productos pueden aver sido sobre protegidos, haciendo que la colina no esté disponible a nivel intestinal. Otros productos por el contrario estén sub-protegidos, lo que significa que la capa protectora no es capaz de garantizar la supervivencia de la colina a nivel

ruminal y consecuentemente la colina es parcial o degradada antes de llegar al intestino. Pruebas de campo tanto invitro con invivo demuestran dicha “sobrepotección” o en su caso “subpotección” en algunos productos (Robert, 2014).

Por ello en la actualidad se está trabajando con extracto de plantas en la producción pecuaria en Europa en el community register of fed addtives en edición 2008 se avían registrado más de 200 de extractos de plantas (Herrera, et al., 2018).los productos de yerbas especias, que no son obtenidos de solventes de extracción (no usan reactivos químicos) y al no ser extractos purificados tienen más moléculas de uno o más sustancias activas predominantes o nutrientes que son los responsables de los efectos biooicos (frankic et al., 2019), uno de esos productos es la biocolina que está compuesta de colina natural altamente biodisponible por encontrarse conjugada de forma esterificada como fosfatidicolina y metabolitos esterificados como fosfa-tidil-cerina, fostidil-inositol, lecitinas y equivalentes (jones, 2014).

La biocolina (colina herbal o colina orgánica) es un producto herbal elaborada con plantas de la india que incluyen ACHYRANTS áspera, trachyspermum ammi, asadirachta indica citrullus colosyntis y androgaphis paniculata que contiene colina en forma conjugado de colina principalmente en fosfatidilcolina (Herrera et al., 2018).

Tener fosfatidilcolina como conjugado la convierte en una fuente mucho más eficiente para ejercer todas las funciones de la colina ya que a comparación del cloruro de colina no tiene componentes tóxicos no es hidroscolical y adicionalmente cumple también con las funciones metabólicas de la fosfatidilcolina como son intervenir positivamente en el metabolismo de la energía. La fosfatidilcolina comparada con la colina libre es mucho más efectiva el alcanzar niveles en sangre más altos y por más tiempo (Jones, 2014).

Los experimentos de gas invitro con bacterias ruminales indicaron que la colina herbal tiene resistencia a la degradación ruminal y la confirmación del sobrepeso de colina se hiso con los resultados de producción de ovejas, corderos ganado lechero y de metabolitos sanguíneos (Rodríguez-guerrero et al., 2018).

#### 4.5 Colina en ovinos y caprinos

Rodríguez-Guerrero *et al.* (2018) observaron en corderos (Pelibuey x East Friesian) alimentados con dosis de metionina protegida (MPR; de 0 y 1.5 g / d) y dosis de colina herbal (biocholine®; de 0 y 4 g / d) que los tratamientos no mostraron efectos sobre las variables de rendimiento (crecimiento del cordero, consumo y conversión alimenticia); sin embargo, los ácidos grasos no esterificados (NEFA) se incrementaron con colina herbal y no se vieron afectados por la metionina protegida (MPR).

La biocholine® (colina herbal o biocolina) en corderos incrementó las concentraciones de glucosa y el colesterol, mientras que la MPR aumentó las concentraciones de triglicéridos, la albúmina y la proteína plasmática. La adición de colina herbal y MPR no mejoró el crecimiento de los corderos; sin embargo, la colina herbal y MPR mostraron un efecto lipotrópico movilizándolo NEFA y estimulando la glucosa (Rodríguez-Guerrero *et al.*, 2018).

Li *et al.* (2015) observaron el efecto de la colina protegida (CPR) sobre el crecimiento, los lípidos en sangre, la calidad de la carne y la expresión de los genes implicados en el metabolismo de los ácidos grasos en los corderos jóvenes. Corderos (Dorper x Hu) se alimentaron con 0%, 0.25%, 0.50% y 0.75% CPR durante 60 días. La suplementación de 0.25% de CPR aumentó la ganancia diaria de peso promedio de corderos, sin embargo, la adición de 0%, 0.25%, 0.50% y 0.75% CPR no tuvo un efecto significativo sobre la ingesta de alimento. Los valores de pH de la carne se incrementaron a 0.25% de CPR y en parámetros de calidad de carne como la pérdida de agua por goteo, así como la fuerza de corte de la carne disminuyeron significativamente en los corderos suplementados con CPR, sin observar cambios significativos en el porcentaje de músculo y grasa intramuscular.

La adición de CPR no mostró un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre las concentraciones de triglicéridos y colesterol en el suero; no obstante, la concentración de lipoproteínas de alta densidad disminuyó al adicionar 0.50% de CPR y las concentraciones de lipoproteínas de baja densidad aumentaron con 0.75% de CPR. Con respecto al músculo *Longissimus dorsi*, las expresiones del grupo de

diferenciación 36 (CD36), la acetil-CoA carboxilasa (ACC) y los genes de la ácido graso sintetasa (FASN) se incrementaron con concentraciones de 0.25% de CPR (Li *et al.*, 2015).

Li *et al.* (2015) reportaron que la adición de 0.75% de CPR aumentó la expresión de la lipoproteína lipasa (LPL) y genes FASN, y a su vez disminuyó la expresión del gen ACC y no tuvo efecto sobre el gen CD36. Los resultados de este estudio mostraron que la suplementación de 0.25% de CPR puede promover el crecimiento de los corderos y mejorar la calidad de la carne por efecto en los perfiles de lípidos en la sangre y el metabolismo de los ácidos grasos en los músculos esqueléticos. Estos autores enfatizan que la suplementación con CPR al 0.25% deben validarse con un mayor número de animales y que las dosis más altas, principalmente la de 0.75% de CPR, mostraron efectos adversos sobre el aumento de peso vivo y la expresión de ACC.

#### **4.6 Colina en la reproducción**

Habeeb *et al.* (2017) reportaron un efecto de la CPR sobre la eficiencia productiva y reproductiva de cabras Zaraibi alimentadas con de 10, 20 y 40 g / d, los resultados reportados mostraron que el número de partos gemelares y trillizos aumento. El peso al nacimiento de los corderos incrementó en los tratamientos (10, 20 y 40 g / d) con CPR con respecto al grupo testigo, se encontró que al adicionar CPR 20 días antes del parto y 60 días después del parto la tasa de viabilidad de los corderos nacidos durante el período de lactancia mejoró debido a la suplementación de CPR (10, 20 y 40 g / d) a las madres (Habeeb *et al.*, 2017).

Habeeb *et al.* (2017) observaron que las concentraciones de colina en leche y la secreción total de colina a través de la leche aumentaron progresivamente de manera significativa con el aumento de CPR en la dieta. A su vez se observó un aumento en el peso corporal vivo y un aumento corporal diario de las crías machos y hembras al momento del destete conforme se incrementaban las concentraciones de CPR en la dieta.

El número de muertes de crías por tratamiento desde el nacimiento hasta el destete disminuyó al agregar CPR a la dieta de las cabras Zaraibi. El intervalo de los

días desde el destete hasta el primer estro y la duración del estro (días) disminuyeron significativamente debido a la adición de CPR a la dieta de cabras, pero sin diferencia entre 20 y 40 g diarios de CPR. El porcentaje de gestación fue menor en el grupo testigo (80%) con respecto a los grupos que recibieron 10 g de CPR (90%) y los grupos que recibieron 20 y 40 g de CPR al día (100%). Es importante resaltar que el tiempo de retorno al estro en cabras lecheras posparto fue de 4.4 y 6.9 días antes del destete en cabras que recibieron 20 y 40 g de CPR por día (Habeeb *et al.*, 2017).

El producto biocolina además de aportar los nutrientes conjugados de colina (fosfatidilcolina), tiene otros metabolitos con propiedades antibacterianas parasiticidas, antioxidantes y metabolitos con actividad antiinflamatorias y actividades antisépticas , lo cual le dan ventajas sobre las fuentes convencionales de cloruro de colina (Herrera *et al.*, 2018) es por estas razones que se de desarrollo la presente investigación con el objetivo de determina el efecto de colina provenientes de dos fuentes, en dietas para cerdos y su influencia en las variables productivas de cerdos desde el inicio hasta la finalización.

## V. PROCEDIMIENTO

### 5.1 Descripción del lugar de estudio

El estudio se realizó en la Unidad Porcina del Instituto Tecnológico de Huejutla, dependiente del Tecnológico Nacional de México, ubicada en la ciudad de Huejutla de Reyes, estado de Hidalgo, México. entre los paralelos de 21° 9'13.07" de latitud norte y 98°22'7.07" longitud Oeste y una altura de 142 msnm.



**Fig. 1.** Ubicación geográfica del área de estudio

### 5.2 Animales, dietas e instalaciones

Se utilizaron 20 cerdos híbridos (Landrace x Pietrain) de ambos sexos, los cuales se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos experimentales: El grupo de colina sintética (CS, n=10) y el segundo grupo de colina natural (CN, n=10); el peso de los semovientes al inicio del experimento fue de  $42 \pm 3.0$  kg, los cuales en la primera etapa se alcanzó los  $50 \pm 3$  kg de peso, y en la etapa intermedia se obtuvo semovientes de  $75 \text{ kg} \pm 3$  kg, y finalmente, en la última etapa se obtuvo tener semovientes de  $98 \pm 3.0$  kg de peso. Los tratamientos consistieron en T1: 0.333 kg/Ton de colina herbal y T2: 0.333 kg/Ton cloruro de colina, los cerdos fueron alimentados a libre acceso con dieta elaborada a base de sorgo-pasta de soya con aminoácidos sintéticos (L-Lisina-HCL, DL-Metionina [Evonik Industries AG., Parsippany, NJ, USA], L-Treonina [Jefo Nutrition Inc., Saint-Hyacinthe, Québec, Canadá]). El manejo de los animales fue guiado con las recomendaciones de la Guía Biomédica Internacional de Principios para el Uso de Animales en Investigación

(CIOMS, 2001) y las Especificaciones Técnicas para la Producción, Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (NOM-062-ZOO-1999). Los cerdos se alojaron en corrales individuales de herrería (1.50x1.20 m) con piso de concreto, equipados con comedero metálico galvanizado, bebedero de chupón. La ventilación fue de manera natural, puesto que la granja se encuentra abierta y por las condiciones climáticas de la región (calurosas).

**Cuadro 1.** Composición de la dieta para cerdos en etapa de Inicio (42-50 kg).

<b>Tratamiento</b>		
<b>Ingrediente kg</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>Sorgo</b>	<b>75.5</b>	<b>75.5</b>
<b>Pasta de soya (44 %)</b>	<b>21.2</b>	<b>21.2</b>
<b>Aceite de soya</b>	<b>0.35</b>	<b>0.35</b>
<b>Biolys (L-Lisina HCl 54.6 %)</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>
<b>MetAMINO (DL-Metionina 99 %)</b>	<b>0.03</b>	<b>0.03</b>
<b>L-Treonina (98.5 %)</b>	<b>0.04</b>	<b>0.04</b>
<b>Premezcla de vitaminas<sup>†</sup></b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>
<b>Premezcla de minerales<sup>‡</sup></b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>
<b>Sal</b>	<b>0.30</b>	<b>0.30</b>
<b>Carbonato de calcio (38 %)</b>	<b>1.47</b>	<b>1.47</b>
<b>Colina sintética (Colina HCl)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.33</b>
<b>Biocholine powder (Colina herbal)</b>	<b>0.33</b>	<b>0.00</b>
<b>Proteasas</b>	<b>0.03</b>	<b>0.03</b>
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

---

**Cuadro 2. Aporte nutricional**

---

<b>Energía metabolizable Mcal kg<sup>-1</sup></b>	<b>3.30</b>	<b>3.30</b>
<b>Proteína cruda</b>	<b>16.90</b>	<b>16.90</b>
<b>Lisina</b>	<b>0.98</b>	<b>0.98</b>
<b>Metionina</b>	<b>0.29</b>	<b>0.29</b>
<b>Treonina</b>	<b>0.60</b>	<b>0.60</b>
<b>Triptófano</b>	<b>0.17</b>	<b>0.17</b>
<b>Fenilalanina</b>	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>
<b>Arginina</b>	<b>0.98</b>	<b>0.98</b>
<b>Histidina</b>	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>
<b>Isoleucina</b>	<b>0.62</b>	<b>0.62</b>
<b>Leucina</b>	<b>1.45</b>	<b>1.45</b>
<b>Valina</b>	<b>0.82</b>	<b>0.82</b>
<b>Metionina + Cistina</b>	<b>0.55</b>	<b>0.55</b>
<b>Calcio</b>	<b>0.66</b>	<b>0.66</b>
<b>Fósforo</b>	<b>0.36</b>	<b>0.36</b>

---

**Cuadro 3.** Composición de la dieta para cerdos en etapa de crecimiento (50-75 kg).

<b>Tratamiento</b>		
<b>Ingrediente, %</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>Sorgo</b>	<b>82.328</b>	<b>82.328</b>
<b>Pasta de soya (44 %)</b>	<b>14.461</b>	<b>14.461</b>
<b>Aceite de soya</b>	<b>0.615</b>	<b>0.615</b>
<b>Biolys (L-Lisina HCl 54.6 %)</b>	<b>0.646</b>	<b>0.646</b>
<b>MetAMINO (DL- Metionina 99 %)</b>	<b>0.102</b>	<b>0.102</b>
<b>L-Treonina (98.5 %)</b>	<b>0.074</b>	<b>0.074</b>
<b>Premezcla de vitaminas<sup>†</sup></b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>
<b>Premezcla de minerales<sup>‡</sup></b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>
<b>Sal</b>	<b>0.300</b>	<b>0.300</b>
<b>Carbonato de calcio (38 %)</b>	<b>0.764</b>	<b>0.764</b>
<b>Colina sintética (Colina HCl)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.33</b>
<b>Biocholine powder(Colina herbal)</b>	<b>0.33</b>	<b>0.00</b>
<b>Proteasas</b>	<b>0.030</b>	<b>0.030</b>
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

**Cuadro 4. Aporte nutricional, %**

---

<b>Energía metabolizable Mcal kg<sup>-1</sup></b>	<b>3.30</b>	<b>3.30</b>
<b>Proteína cruda</b>	<b>15.20</b>	<b>15.20</b>
<b>Lisina</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>
<b>Metionina</b>	<b>0.31</b>	<b>0.31</b>
<b>Treonina</b>	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>
<b>Triptófano</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>
<b>Fenilalanina</b>	<b>0.66</b>	<b>0.66</b>
<b>Arginina</b>	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>
<b>Histidina</b>	<b>0.32</b>	<b>0.32</b>
<b>Isoleucina</b>	<b>0.54</b>	<b>0.54</b>
<b>Leucina</b>	<b>1.37</b>	<b>1.37</b>
<b>Valina</b>	<b>0.68</b>	<b>0.68</b>
<b>Metionina + Cistina</b>	<b>0.48</b>	<b>0.48</b>
<b>Calcio</b>	<b>0.55</b>	<b>0.55</b>
<b>Fósforo disponible</b>	<b>0.34</b>	<b>0.34</b>

---

**Cuadro 5.** Composición de la dieta para cerdos en etapa de Finalización (75-100 kg).

<b>Tratamiento</b>		
<b>Ingrediente, %</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>Sorgo</b>	<b>86.354</b>	<b>86.354</b>
<b>Pasta de soya (44 %)</b>	<b>10.503</b>	<b>10.503</b>
<b>Aceite de soya</b>	<b>0.680</b>	<b>0.680</b>
<b>Biolys (L-Lisina HCl 54.6 %)</b>	<b>0.608</b>	<b>0.608</b>
<b>MetAMINO (DL-Metionina 99 %)</b>	<b>0.080</b>	<b>0.080</b>
<b>L-Treonina (98.5 %)</b>	<b>0.068</b>	<b>0.068</b>
<b>Premezcla de vitaminas<sup>†</sup></b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>
<b>Premezcla de minerales<sup>‡</sup></b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>
<b>Sal</b>	<b>0.300</b>	<b>0.300</b>
<b>Carbonato de calcio (38 %)</b>	<b>0.694</b>	<b>0.697</b>
<b>Colina sintética (Colina HCl)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.33</b>
<b>Biocholine powder (colina herbal)</b>	<b>0.33</b>	<b>0.00</b>
<b>Proteasas</b>	<b>0.030</b>	<b>0.030</b>
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

---

**Cuadro 6. Aporte nutricional, %**

---

<b>Energía metabolizable Mcal kg<sup>-1</sup></b>	<b>3.30</b>	<b>3.30</b>
<b>Proteína cruda</b>	<b>13.63</b>	<b>13.61</b>
<b>Lisina</b>	<b>0.73</b>	<b>0.73</b>
<b>Metionina</b>	<b>0.27</b>	<b>0.27</b>
<b>Treonina</b>	<b>0.46</b>	<b>0.46</b>
<b>Triptófano</b>	<b>0.13</b>	<b>0.13</b>
<b>Fenilalanina</b>	<b>0.59</b>	<b>0.59</b>
<b>Arginina</b>	<b>0.63</b>	<b>0.63</b>
<b>Histidina</b>	<b>0.28</b>	<b>0.28</b>
<b>Isoleucina</b>	<b>0.48</b>	<b>0.48</b>
<b>Leucina</b>	<b>1.29</b>	<b>1.28</b>
<b>Valina</b>	<b>0.60</b>	<b>0.60</b>
<b>Metionina + Cistina</b>	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>
<b>Calcio</b>	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>
<b>Fósforo</b>	<b>0.32</b>	<b>0.32</b>

---

### 5.3 Instalaciones

Los cerdos se alojaron en corrales individuales con su respectivo comedero galvanizado y chupón., de tal manera que el cerdo tuviera el mínimo movimiento para que consumiera la mayor cantidad de alimento y su conversión alimenticia se aprovechara al máximo.

### 5.4 Toma de muestras y datos

El día primero y el último de cada periodo se fase de crecimiento se pesaron los animales y se obtuvieron los valores iniciales y finales de peso vivo (PVi, PVf, kg), dichos datos sirvieron para determinar la ganancia diaria de peso (GDP, kg ); el consumo diario de alimento (CDA, kg ) se evaluó con el alimento ofrecido contra menos el rechazado; y la conversión alimenticia (CA). Se midió con la GDP/CDA, de igual manera para medir la grasa dorsal y el área del músculo *Longissimus dorsi* a nivel de la décima costilla utilizando un ultrasonido de tiempo real Sonovet 600 con transductor abdominal de 7.5 MHz (Medición, Inc., Cypress, California, USA) se efectuó el primero y el último día de cada etapa, Asimismo, estos datos junto con los del peso vivo inicial y final, se utilizaron para determinar el porcentaje de carne magra (PCMi, PCMf, %) inicial y final y la ganancia de carne magra (GCM, kg d<sup>-1</sup>) y Para determinar la concentración de urea en plasma, se tomaron muestras de sangre el día final de cada etapa por medio de punción en la vena cava utilizando tubos Vacutainer®; las muestras se colocaron en hielo hasta centrifugarse a 2,500 rpm. durante 20 min (IEC Centra 8R, International Equipment Company, USA) para separar el plasma del paquete celular. El plasma se transfirió a tubos de polipropileno para su almacenamiento en un congelador EUR251P7W Tappan, Electrolux Home Products NorthAmerica, USA) a -20 °C hasta la determinación de urea por espectrofotometría UV.

## **5.5 Análisis estadístico**

Para la realización del presente proyecto se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde la unidad experimental fue un cerdo alojado en corral individual. Las variables se analizaron con el procedimiento GLM y MIXED (SAS,2010) con el peso vivo inicial como covariable; y la comparación de medias de tratamientos se realizaron con la prueba de Tukey (Steel DRG,1997) con el ( $P \leq 0.05$ ) de Nivel de significancia.

## **VI. EVALUACIÓN O IMPACTO ECONÓMICO**

La presente investigación nos permitió observar cuan valiosa es una dieta alimenticia en este sector productivo, puesto que los insumos para la elaboración de raciones alimenticias en esta región son de costos elevados, sin embargo nos permitió ahorrar recurso económico en cuanto a alimentación se refiere, se acorto el periodo de ceba y por obvias razones se traduce en ganancias económicas para los productores porcícolas.

## VII. RESULTADOS

Después de haber corrido el análisis estadístico se obtuvieron los siguientes resultados, para resolver así nuestros objetivos

### 7.1 Ganancia de peso

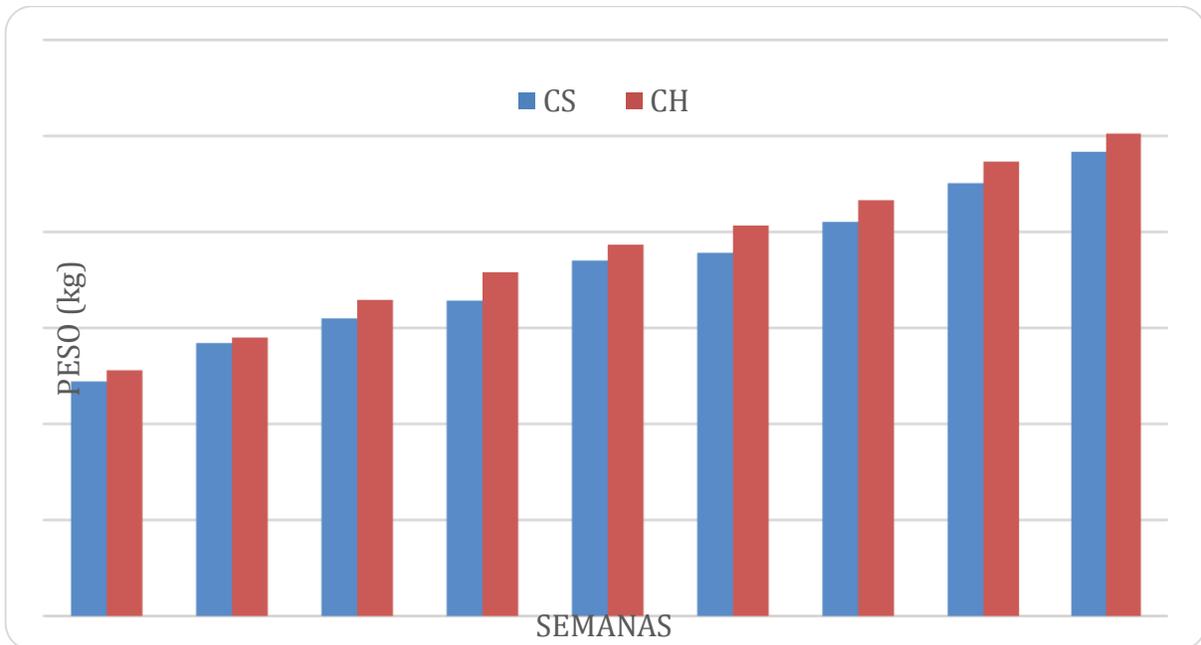


Figura 2. Ganancia de peso total (kg) durante las 9 semanas de engorda en cerdos.

CS: Colina Sintética. CH: Colina Herbal.

Para el objetivo de evaluar la respuesta reproductiva, no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos por la ganancia de peso (CS:  $72.45 \pm 4.2$  kg; CH:  $76.35 \pm 3.8$  kg, respectivamente).

## 7.2 Consumo de alimento Semanal

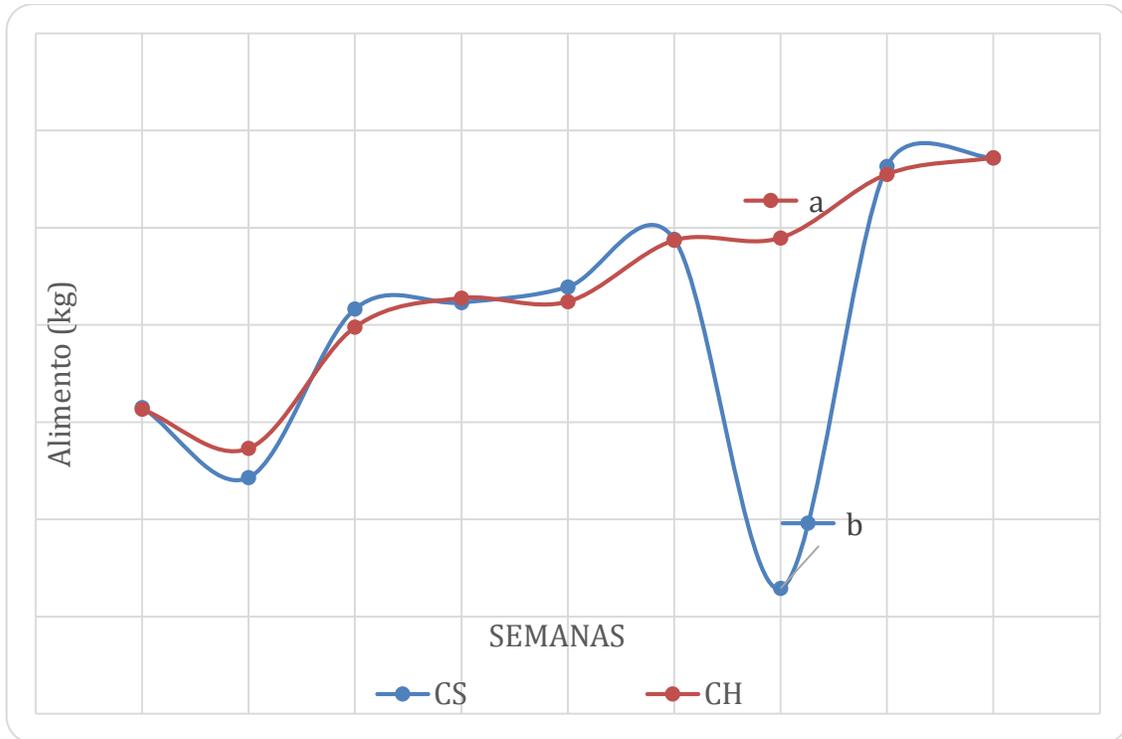


Figura 3. Consumo de alimento (kg) por semana. CS: Colina Sintética. CH: Colina Herbal. a, b: Valores con distinta literal son diferentes.

Para esta variable no encontraron diferencias significativas con ( $P > 0.05$ ) de nivel de significancia, entre tratamientos en el consumo de alimento (CS:  $19.9 \pm 2.2$  kg; CH:  $21.9 \pm 2.8$  kg, respectivamente), no obstante, en la semana 7 se presentó una diferencia sin afectar el promedio.

### 7.3 Ganancia de peso por semana

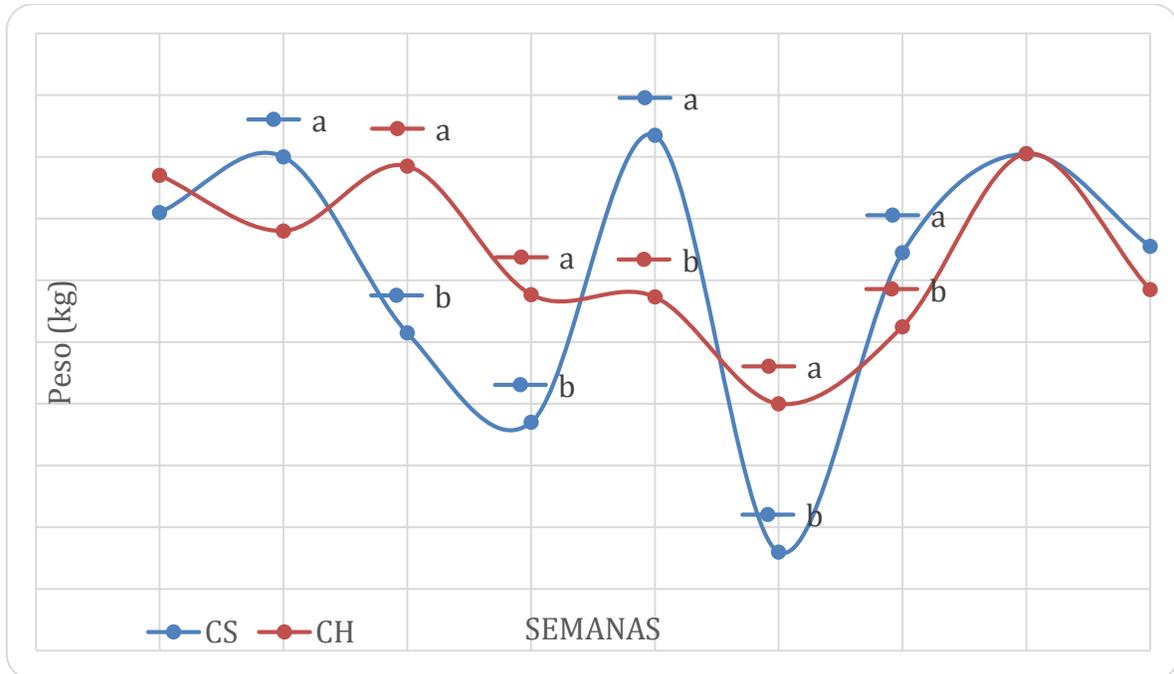


Figura 4. Ganancia de peso (kg) por semana. . CS: Colina Sintética. CH: Colina Herbal.

a, b: Valores con distinta literal son diferentes.

Después de haber corrido los datos no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos en la ganancia de peso por semana (CS:  $6.11 \pm 2.1$  kg; CH:  $6.33 \pm 1.2$  kg, respectivamente), no obstante, por semana se presentaron variabilidades sin afectar el promedio de peso total.

#### 7.4 Área del músculo y espesor de grasa en *Longissimus dorsi*

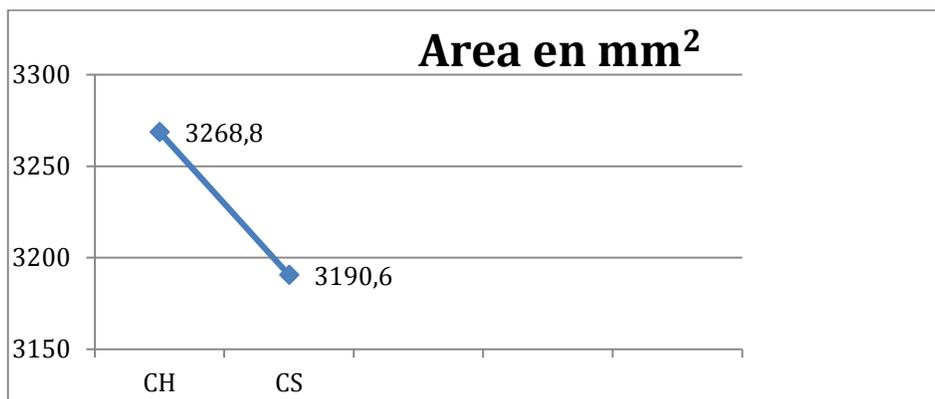


Figura 5. Área en mm<sup>2</sup> en el área del musculo *Longissimus dorsi* tomada con ultrasonido.

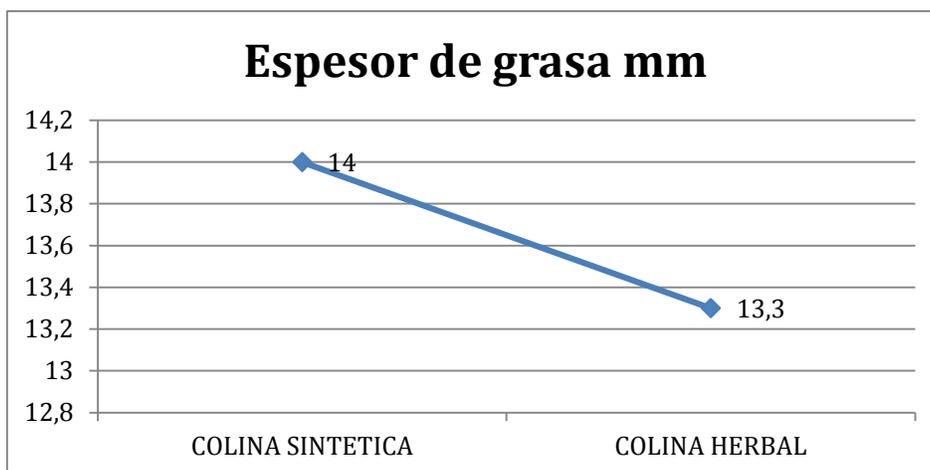


Figura 6. Espesor de grasa (mm) en el área del musculo *Longissimus dorsi* tomada con ultrasonido.

Para determinar las características de la canal se realizaron los ultrasonidos como lo muestran las Fig. 5 y 4 donde en estas variables de estudio no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos, no obstante, se observa ligeramente una mayor área de musculo en semovientes alimentados con colina herbal en comparada con la CS y así mismo la disminución en grasa en CH.

## **VIII. CONCLUSIÓN**

Después de haber corrido estadísticamente los datos por la prueba de comparación de media Tukey, se concluye que, no existió diferencia significativa entre los dos tratamientos (colina herbal, colina sintética) mostrando ganancia de peso similar en ambos tratamientos y con una diferencia promedio de grasa dorsal que no influye en la producción y rendimiento de carne magra mostrando valores ligeramente positivos en la CH, sin embargo siempre es importante y recomendable consumir alimentos de origen orgánico, por ello se recomienda el uso de la colina herbal ya que no contiene agentes dañinos ni oxidantes de acuerdo al estudio de laboratorio del suero del plasma sanguíneo, donde los índices de urea son nulos.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- Aldaz w. (2012). Utilización de tres dosis de cloruro de colina en la alimentación de terneros meztizos desde la semana de edad hasta los tres meses en la finca malvidas de la parroquia guasaganda. Unidad de ciencias agropecuarias y recursos naturales "caren". Universidad técnica de Cotopaxi. Ecuador.
- Almera, A., Zumalacarregui, L.M., Barreno, J. y Yan, Z, (2013). Desarrollo de un procedimiento para la extracción de B-caroteno y glicerol a partir de la microalga *Dunaliella* sp. En la salina las cumaraguas *Journal de química cubana*. 25 (2). 214-228.
- Baldi, A., Bruckmaier, R., D Ambrosio, F., Campagnoli A., Pecorini C., Rebutti, R. & Pinotti, L. (2011). Rumen-protected choline supplementation in periparturient dairy goats: effects on liver and mammary gland *J. agric. Sci.* 149, 655-661.
- Best, C.H., and M.E. Huntsman. 1932. The effects of the components of lecithine upon deposition of fat in the liver. *Journal of Physiology*, 10: 405-412.
- Bindel, D. J., J. S. Drouillard, E. C. Titgemeyer, R. H. Wessels, and C. A. Loest. 2000. Effects of ruminally protected choline and dietary fat on performance and blood metabolites of finishing heifers. *Journal of Animal Science*, 78: 2497-2503.
- Bryant KL, Combs GE, Wallace HD. Supplemental choline for young and growing-finishing swine. Florida Agricultural Experiment Station Twenty-second Annual Swine Field Day. Research Report AL-1977-Gainesville, FL: Florida Agricultural Experiment Station; 1977.
- Chaney AL, Marbach EP. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry* 1962;8:130-132.

- Ceron MS, Kessler AM, Ribeiro AML. Relatório de experimento: Estudo comparativo sobre o desempenho zootécnico e parâmetros sanguíneos de suínos em face de crèche recebendo duas fontes de colina na dieta. Porto Alegre, Brasil: Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO), Universidad Federal do Rio Grande do Sul; 2015:6-8.
- CIOMS (Council for International Organizations of Medical Sciences). "International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals". Geneva, Switzerland: CIOMS; 2001.
- Donkin, S.S. 2011. Rumen-protected choline. Department of Animal Sciences. Purdue University.
- Elek, P. Newbold, J.R., Gaal, T Wagner, L. & Husveth, F, (2008). Effects of rumenprotected choline supplementation on milk production and choline supply of periparturient dairy cows. *Animal*. 2, 1595-1601
- Erdman, R.A., R.D. Shaver, and J.H. Vandersall. 1984. Dietary choline for the lactating cow: possible effects on milk fat synthesis. *Journal of Dairy Science*, 67: 410-415.
- Erdman, R. A., and R. A. Sharma. 1991. Effect of dietary rumen-protected choline in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 74: 1641-1647.
- Foxcroft GR, Dixon WT, Dyck MK, Novak S, Harding JCS, Almeida FCRL. Prenatal programming of postnatal development in the pig. *Soc Reprod Fertil* 2009;66:213-231.
- García E. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª. Edición. México, DF: Instituto de Geografía, UNAM; 2004.
- Godinez-Cruz, J., O. Cifuentes-López, J. Cayetano, H. Lee-Rangel, G. Mendoza, A. Vázquez, and A. Roque. 2015. Effect of choline inclusion on lamb performance and meat characteristics. *Journal of Animal Science*, 93: 766, Suppl 3.
- Habeeb, A. A., A. E. Gad, M. A. Atta, and M. M. Mustafa. 2018. Effect of adding different levels of rumen protected choline to the diet on productive and reproductive performance of female goats and growth of

- their kids from birthing to weaning. *Animal Science Journal*, 89:2, 348-358
- Herrera, C., Chay C, Casanova, L., Piñeiro, V., Marquez., B., Santillán , F, y Arce, M. (2008). *Avances de la Investigación sobre producción Animal y seguridad Alimentaria en Mexico*. 1ra Ed. Morelia, Michoacan, Mexico.
- Hutjens, M. (2013). *Fisiología digestive y usode aditivos alimenticios en ruminates XXIX Curso de especialización FEDNA*. Madrid. P.17
- Holmes-McNarry MQ, Loy R, Mar MH, Albright CD, Zeisel SH. Apoptosis is induced by choline deficiency in fetal brain and in PC12 cells. *Dev Brain Res* 1997;101:9-16.
- Jones. R. (2014) *Una Fuente alternative de colina Biocholine Articulo técnico*. Nutritionist Higli River, Alberta, Canada.
- Klucinski, W., A. Degorski, E. Miernik-Degorska, S. Targowski, and A. Winnicka. 1988. Effect of ketone bodies on the phagocytic activity of bovine milk macrophages and polymorphonuclear leukocytes. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A*, 35, 632–639.
- Lewis, E.D., Zhao, Y. Y., Richard, C., Buce, H.L., Jacobs, R.L., Field, C.J., & Curtis, J.M.(2015). Measurement of the abundance of choline and the distribution of cholinecontaining moiety in meat. *Int. J. Food. Sci. Nutr.* 66,743-748.
- Li, Z. & Vance, D.E, (2008). Thematic review seriesglycerolipids, phosphatidylcholine and choline homeostasis, *Journal of lipid Research* 49: 1187-1194.
- Mitchell AD. Impact of research with cattle, pigs, and sheep on nutritional concepts: body composition and growth. *J Nutr* 2007;137:711-714.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999). *Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio*. Ochoa MLI, editor. México, DF, México: Diario Oficial de la Federación; 2001.

- NRC., 2000. Nutrient requirements of beef cattle. Seventh revised edition. National Academy Press. Washington DC, USA.
- NRC., 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press. Washington DC, USA.
- NRC., 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids. Seventh revised edition. National Academy Press. Washington DC, USA.
- Pesti GM, Harper AE, Sunde ML. Choline/methionine nutrition of starting broiler chicks. Three models for estimating the choline requirement with economic considerations. *Poultry Sci* 1980;59(5):1073–81.
- Pompeu MA, Lara LJC, Baião NC, Ecco R, Cançado SV, Rocha JSR, et al. Suplementação de colina em dietas para frangos de corte machos na fase inicial de criação. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2011;63(6):1446-1452.
- Ramanau A, Kluge H, Spilke J, Eder K. Supplementation of sows with L-Carnitine during pregnancy and lactation improves growth of piglets during the suckling period through increased milk production. *J Nutr* 2004;134(1):86-92.
- Rodriguez-Guerrero, V., Lizarago, A, A.C., Ferraro, S., Suarez, N., Miranda, L.,A & Mendoza, G.D. (2018). Effect of herbal choline and rumen-protected methionine on lamb performance and blood metabolites . *South African Journal of Animal Science* 48. 427-434
- Rovers, M. (2014). La cetosis en vacas lecheras y el rol de la colina. ORFFA. Es consultado: 26 de diciembre del 2018.
- Santos, J. E. P., and F. S. Lima. 2007. Feeding rumen-protected choline to transition dairy cows. In *Proceedings of the 20th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*.pp. 149–160.

SAS. The SAS system for Windows (V8. SAS 9.3). Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc.; 2010.

Savoini , G., Agazzi, A ., Invernizzi, G., Cattaneo, D., Pinotti, L. & Baldi, A. (2010). Polyunsaturated fatty acids and choline in dairy goats nutrition, production and health benefits. *Small Rumin. Res.* 88, 135-144.

Sharma, B. K., and R. A. Erdman. 1989b. Effects of dietary and abomasally infused choline on milk production responses of lactating dairy cows. *The Journal of Nutrition*, 119: 248– 254.

Steel DRG, Torrie JH, Dickey DA. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2ª ed. México, D.F.: McGraw-Hill Co.; 1997.

Supriyati, K., Budiarsana, I.G., praharani, L., Krisnan, R. & Utama , I.K. (2016). Effect of choline chloride supplementation on milk composition of Etawah grade goats. *J. Anim. Sci Tech.* 58, 30-42.

Tavčar-Kalcher, G., and A. Vengušt. 2007. Stability of vitamins in premixes. *Animal feed science and technology*, 132(1-2), 148-154.

Tixi-Verdugo W, Contreras-Ramos J, Sicilia-Argumedo G, Michael G, Fernandez-Mejía C. Effects of Biotin supplementation during the first week postweaning increases pancreatic islet area, beta-cell proportion, islets number, and beta-cell proliferation. *J Med Food* 2018;21(3)

## X. ANEXOS



**Figura 7.** Realización los comederos individuales.



**Figura 8.** Cerdos en experimentación.



**Figura 9.** Manejo sanitario de corraletas individuales.



**Figura 10.** Elaboración de dietas alimenticias



**Figura 11.** Pesaje de semovientes porcinos



**Figura 12.** Toma de muestras sanguíneas en vena cava de cada cerdo en experimentación.



**Figura 13.** Ultrasonografía del *longissimus dorsi* para la determinación de área de musculo y espesor de grasa dorsal



Figura 14. Ultrasonidos

 TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO Instituto Tecnológico de Huejutla	<b>FORMATO DE LIBERACION DE PROYECTO PARA LA          TITULACION INTEGRAL</b>	Código: ITH-AC-PO-008- 06
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015 8.5.1, 8.5.5	Revisión: 0

ANEXO XXXIII. FORMATO DE LIBERACION DE PROYECTO PARA LA TITULACION INTEGRAL

HUEJUTLA DE REYES, HIDALGO A 12 DE OCTUBRE DE 2023

Asunto: Liberación de Proyecto para la titulación integral

C. ING. BLANCA FLOR ARGUELLES ARGUELLES  
 Jefa de la División de Estudios Profesionales  
 PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre del estudiante y/o egresado	RONALDO REYES MARTÍNEZ EMMANUEL ALEJANDRO SOVERANES MARTÍNEZ
Carrera:	INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
No. de control:	15840210 15840215
Nombre del proyecto:	USO DE DOS FUENTES DE COLINA EN DIETAS PARA CERDOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD
Producto	TESIS

El Vocal Suplente para la presentación del Acto de recepción profesional será:

Vocal Suplente:	M.C. GRACIANO AGUADO LARA
-----------------	---------------------------

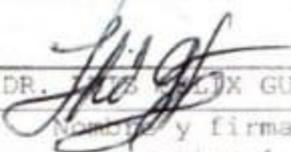
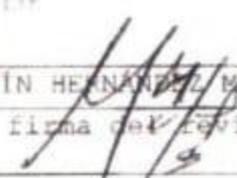
Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE



S.E.P.  
 TECNOLÓGICO NACIONAL  
 DE MÉXICO  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO  
 DE HUEJUTLA  
 DEPARTAMENTO DE  
 INGENIERÍAS

LIC. ROSSLYN LEINES ROSA  
 Departamento Académico de INGENIERÍAS

ING. ROBERTO JIMENEZ SAN JUAN Nombre y firma del asesor	 DR. FÉLIX GUTIÉRREZ Nombre y firma del revisor*	 M.C. MARTÍN HERNÁNDEZ MÓGICA Nombre y firma del Revisor*
--	---	--

\*Solo aplica para el caso de tesis o tesina