BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PICOLINATO DE CROMO Y LEVADURA ADICIONADA CON CROMO EN DIETAS PARA CERDOS EN ENGORDA

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

ERIKA LEÓN HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. EUTIQUIO SONI GUILLERMO

CO-DIRECTOR

DR. MARCOS PÉREZ SATO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2020.

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PICOLINATO DE CROMO Y LEVADURA ADICIONADA CON CROMO EN DIETAS PARA CERDOS EN ENGORDA

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

ERIKA LEÓN HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. EUTIQUIO SONI GUILLERMO

CO-DIRECTOR

DR. MARCOS PÉREZ SATO

ASESORES

DR. NUMA P. CASTRO GONZÁLEZ

DR. EDGAR VALENCIA FRANCO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2020.

La presente tesis titulada **"PICOLINATO DE CROMO Y LEVADURA ADICIONADA CON CROMO EN DIETAS PARA CERDOS EN ENGORDA"** realizada por: **ERIKA LEÓN HERNÁNDEZ**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente Consejo Particular, para obtener el título de:

LICENCIATURA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica

Consejo Particular Integrado por:	**Firmas**
Director: Dr. Eutiquio Soni Guillermo	
Co-Director: Dr. Marcos Pérez Sato	
Asesor: Dr. Numa P. Castro González	
Asesor: Dr. Edgar Valencia Franco	

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2020.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **"Producción Pecuaria Integral"** y de la Línea de Investigación: **"Producción integral de Rumiantes y no Rumiantes".** Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

DEDICATORIAS

No llores por que ya se termino, sonrie por que sucedió. Cuando duela mirar hacia atrás y tengas miedo de ver hacia adelante, puedes voltear a tu costado y ver que estoy aquí a tu lado.

A Dios

Por permitirme llegar hasta este momento, por brindarme la fortaleza y la sabiduria para concluir esta etapa de mi vida. Por sus benciones y nunca dejarme sola.

A mis padres

Luisa Hernández y Pedro León quienes son mis pilares y ejemplo, por brindarme su confianza y apoyo incondicional dandome la oportunidad de dar un gran paso en mi vida, gracias por el amor, consejos, enseñanzas, por darme animos cada dia, por todos los sacrificios que han hecho por mi y sobre todo gracias por enseñarme que siempre hay que esforzarse y trabajar duro para cumplir mis sueños.

A mis hermanos y hermana

Javier León por ser mi apoyo incondicional que fue pieza clave en la realizacion de esta meta, por su cariño y motivacion, gracias por cuidar de mi a un en la distancia te quiero mucho.

Carolina León por el cariño, la compresion, por cuidar de mi y por siempre estar cuando te necesito y que a pesar de que a veces nos peleamos, sabemos que nunca nos dejaremos solas, por que mas que mi hermana eres mi amiga, te quiero mucho.

Miguel León y Aaron León por la motivacion, el cariño y por que a pesar de que casi no platicamos siempre estan cuando los necesito los quiero mucho.

Y quiero decirles que el amor de hermanos no se acabara jamas aunque nos pelemos, aunque nos separemos , aunque tomemos rumbos diferentes siempre estaremos el uno para el otro.

A mis sobrinos

Lesli, Ian, Michael, Juanito, Emili y Lucas, por llenar mi vida de alegria, con sus detalles y locuras, son una bendicion en nuestras vidas los y las quiero mucho.

A mis abuelos

Demetrio Hernández† y Adela Lucia Bonilla†, aunque ya no estan con nosotros fueron mi motivacion y siempre voy a recordar esos momentos que compartimos que son parte importante en mi vida ya que fueron momenos hermosos a su lado.

A mi familia

A mis tias y primos quienes con sus consejos me motivaron a lograr esta meta en mi vida profesional.

A las personas que me ayudaron sinceramente, y me brindaron su apoyo durante esta etapa.

AGRADECIMIENTOS

A dios

Por permitir ser el guía de mi vida, por darme la oportunidad de ser alguien en esta vida y por darme la familia que tengo

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla *y al programa de Ingeniería Agronómica y Zootecnia por mi formación profesional.*

Al Dr. Eutiquio Soni Guillermo

Por su apoyo como director de tesis y brindarme su conocimiento para llevar acabó la realización de esta investigación, le agradezco su tiempo, paciencia, y haberme brindado la confianza y su valiosa amistad muchas gracias.

Al Dr. Marcos Pérez Sato

Por brindarme sus conocimientos y apoyo para poder llevar acabó esta investigación, gracias por sus consejos, su tiempo, paciencia, y haberme brindado la confianza y su valiosa amistad muchas gracias.

Al Dr. Numa P. Castro González

Por la ayuda y disposición que me brindo durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Edgar Valencia Franco

Por su apoyo durante el periodo experimental y en la redacción de tesis, muchas gracias.

A todos los docentes *del programa educativo de Ingeniería Agronómica y Zootecnia por brindarme su apoyo y conocimiento durante mi formación.*

A mis amigos

Aquellos que puedo contar con la palma de mi mano a ustedes que me han aceptado tal y como soy, Toño, Ramiro, Esme y Ávila, gracias por su amistad por todos los momentos que pasamos de diversión y por los que fueron de trabajo, por su apoyo en el tiempo que pasamos en la

universidad, los quiero mucho y sepan que los llevo siempre presentes en mi mente y en mi corazón.

A Luz y Malu, gracias por su amistad, por aquellos momentos que pasamos juntas, por su apoyo, gracias por nunca dejarme sola. Las quiero mucho y las llevo en mi corazón.

A mis compañeros

De la generación 2015, Nef, Areli, Cari, Jacob, Rafa, Orlando, Zuri, Luci, Sabi, Migue, Bony, Dani, Froy, Lalo, Uriel, Gladys, Erick, Magdalena, Fernanda y Beltran por los momentos compartidos durante mi estancia en la universidad.

***A Ariadna Cortez y a Gerardo Mora,** por su ayuda en la obtención de datos medidos con ultrasonido durante la fase experimental muchas gracias por su disposición y apoyo.*

***A la Lic. Martha Laura Sánchez**, por su apoyo y amistad durante mi estancia en la universidad.*

***A Zuly Hernandez,** por su apoyo y amistad durante mi estancia en la universidad.*

***A doña Irma** y a Itzel por sus consejos, amistad y confianza brindada durante mi estancia en la universidad.*

***A la mamá de Luz,** por abrirme las puertas de su casa, por brindarme sus consejos y preocuparse por mi. Muchas gracias.*

***A la familia de Malu,** por abrirme las puertas de su casa. Muchas gracias.*

***Al MVZ. Elías Silva y Esposa,** por su apoyo en la obtención de las muestras que serían utilizadas para la obtención de variables.*

***A tí** que formaste parte de mi vida, me ayudaste, me aconsejaste y me acompañaste. Muchas gracias por haber llegado a mi vida.*

ÍNDICE

Contenido	Páginas
ÍNDICE DE CUADROS	**iii**
ÍNDICE DE FIGURAS	**iv**
RESUMEN	**v**
ABSTRAC	**vi**
I. INTRODUCCIÓN	**1**
II. OBJETIVOS	**4**
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
III. HIPÓTESIS	**5**
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	**6**
4.1. Importancia de la porcinocultura en México	6
4.2. Manejo de la porcinocultura	6
4.3. Aditivos	6
4.4. Probióticos	7
4.5. Prebióticos	8
4.6. Simbióticos	8
4.7. Importancia de la Levadura de cromo	8
4.8. Importancia del Picolinato de cromo	9
4.9. Bioquímica del Cromo	9
4.10. Absorción	10
4.11. Transporte	11
4.12. Excreción	11
4.13. Concentración de Cr en sangre	12
4.14. Contenido de Cr en tejido	12
4.15. Función biológica del Cr	13
4.16. Metabolismo de los carbohidratos por el Cr	13
4.17. Metabolismo de los lípidos por el Cr	14
4.18. Metabolismo de las proteínas por el Cr	14
4.19. Toxicología del CrPic	15
4.20. Parámetros productivos	15
4.21. Parámetros que definen la calidad de la canal	16
4.22. Calidad de la carne	17

V. MATERIALES Y METÓDOS 18
5.1. Localización 18
5.2. Fase experimental 18
5.3. Tratamientos 20
5.4. Variables evaluadas 21
5.4.1. Comportamiento productivo 21
5.4.1.1. Consumo diario de alimento 21
5.4.1.2. Ganancia diaria de peso 21
5.4.1.3. Conversión alimenticia 21
5.4.2. Características de la canal 22
5.4.3. Características físico-químicas 22
5.4.3.1. Color 22
5.4.3.2. pH 22
5.4.3.3. Capacidad de retención de agua 22
5.5. Presupuesto parcial 23
5.6. Análisis estadístico 23
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 25
6.1. Parámetros productivos 25
6.2. Características de la canal 26
6.3. Características físico-químicas 28
6.4. Presupuesto parcial 31
VII. CONCLUSIÓNES 33
VIII. LITERATURA CITADA 34
IX. ANEXOS 43

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Páginas

Cuadro 1. Composición de dietas en etapa de 50 – 75 kg.....19

Cuadro 2. Composición de dietas en etapa de 75 - 100 kg.....20

Cuadro 3. Comportamiento productivo de cerdos en finalización (50-75) alimentados con picolinato de cromo y levadura de cromo en la dieta (Etapa 1). 25

Cuadro 4. Comportamiento productivo de cerdos en finalización (75-100) alimentados con picolinato de cromo y levadura de cromo en la dieta (Etapa 2). 26

Cuadro 5. Características de la canal de cerdos en finalización (50-75 kg) de peso vivo alimentados con picolinato de cromo y levadura de cromo en la dieta (Etapa 1). ...27

Cuadro 6. Características de la canal de cerdos en finalización (75-100 kg) de peso vivo alimentados con picolinato de cromo y levadura de cromo en la dieta (Etapa 2). ...28

Cuadro 7. Características físico-químicas de la carne en pierna de cerdos en finalización (75-100 kg) alimentados con picolinato de cromo y levadura adicionada con cromo en la dieta (Etapa 2) 30

Cuadro 8. Características físico-químicas de la carne en lomo de cerdos en finalización (75-100 kg) alimentados con picolinato de cromo y levadura adicionada con cromo en la dieta (Etapa 2) 30

Cuadro 9. Análisis económico de los Costos, ingresos y ganancias en cerdos machos alimentados con dieta balanceada, adición de picolinato de cromo y levadura adiciona con cromo. 31

Cuadro 10. Peso vivo y peso muerto por tratamiento.....48

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido **Páginas**

Figura 1. Localización de área experimental en San Andrés Payuca, Cuyoaco, Puebla. 18

RESUMEN

Los probioticos se han usado como aditivo natural para mejorar el funcionamiento intestinal y reducir el estrés, por lo que es recomendable utilizarlo en la alimentación de cerdos. El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta productiva, calidad de la canal, características físico-químicas de la carne con dos probióticos diferentes en dietas para cerdos en etapa de crecimiento y finalización. La investigación se realizó en un área de san Andrés Payuca, municipio de Cuyoaco, Puebla. Se utilizaron dos probioticos diferentes los cuales fueron picolinato de cromo y levadura adicionada con cromo en 9 cerdos machos castrados de la raza Landrace/Pietrain de 50 ± 4 kg durante ocho semanas en dos etapas experimentales: de 50-75 y de 75-100 kg de peso, se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Los resultados indicaron que en la primera etapa, la inclusión de picolinato de cromo y levadura adicionada con cromo en la dieta no obtuvo diferencia en las variables productivas a excepción de la conversión alimenticia, sin embargo, si afecto las características de la canal. En la segunda etapa la suministración de levadura adicionada con cromo mostro mejor respuesta en las variables productivas a excepción de la Conversión alimenticia y el área del músculo *longissimus dorsi* inicial y final. El picolinato de cromo mejoro las características de la canal a excepción del área del músculo *longissimus dorsi* inicial y no afecto los parámetros productivos, ni las características físico-químicas de la carne. El costo de producción del T2 fue menor que en el T1 y T3 por esto se concluye que la adición levadura adicionada con cromo y de picolinato de cromo en la alimentación no afecta parámetros productivos, características de la canal, ni características físico-químicas, sin embargo resulta más económica la adición de picolinato de cromo.

Palabras clave: Cerdo, Landrace-Pietrain, picolinato de cromo, levadura, cromo.

ABSTRAC

The Probiotics have been used as a natural additive to improve intestinal functioning and reduce stress, so it is advisable to use it in feeding pigs. The goal of this research was to evaluate the productive response, channel quality, physique-chemical characteristics of meat with two different probiotics in diets for pigs at growth and completion stage. The research was carried out in an area of San Andrés Payuca, municipality of Cuyoaco, Puebla. Two different probiotics were used which were chromium picolinate and chromium-added yeast in 9 castrated male pigs of the Landrace/Pietrain breed of 50 to 4 kg for eight weeks in two experimental stages: 50-75 and 75-100 kg weight, ± a completely random design was used with three repetitions per treatment. The results indicated that in the first stage, the inclusion of chromium picolinate and chromium-added yeast in the diet made no difference in production variables except for food conversion, however, if it affected the characteristics of the channel. In the second stage the supply of yeast added with chromium showed better response in productive variables except for food conversion and the area of muscle longissimus dorsi initial and final. Chromium picolinate improved channel characteristics except for the initial longissimus dorsi muscle area and did not affect the productive parameters, nor the physical-chemical characteristics of meat. The cost of production of T2 was lower than in T1 and T3 so it is concluded that the addition of yeast added with chromium and chromium picolinate in the feed does not affect productive parameters, channel characteristics, or physical-chemical characteristics, however it is more economical to add chromium picolinate.

Key words: Pork, Landrace-Pietrain, chromium picolinate, yeast, chromium.

I. INTRODUCCIÓN

La porcinocultura en México es de las principales actividades económicas pecuarias, por lo que el consumo de carne de cerdo ocupa el tercer lugar en producción a nivel nacional después de la de pollo y bovino. Siendo de mayor consumo, por lo que la producción registra un crecimiento en el número de cabezas y el volumen de carne producida, ya que es importante como fuente de proteína (Intagri, 2019).

En el periodo 2003-2017, la producción aumentó 36.2%, esto es 487.7 mil toneladas, el crecimiento promedio anual ha sido 2.2%. Por ello la producción nacional se concentra en seis entidades (Jalisco, Sonora, Puebla, Yucatán, Veracruz y Guanajuato), que representan el 76.3% del total (SIAP, 2017).

Sin lugar a dudas uno de los factores más limitantes en el logro de una producción animal eficiente y competitiva con el logro de márgenes de ganancia significativos es el relacionado con la nutrición animal (Shimada, 2004). Los antibióticos se han utilizado en dietas para cerdos como promotores de crecimiento, ya que han demostrado ser muy rentables y eficaces en la mejora del rendimiento de los animales y la reducción de los trastornos digestivos, sin embargo, el mal uso de estos ocasiona riesgos, ya que pueden causar resistencia a bacterias patógenas, por lo tanto, su uso ha sido prohibido (García y Palomo, 2014). Por lo anterior, a fin de reducir el uso indiscriminado de antibióticos en la producción animal, se ha explorado el uso de diversas alternativas entre las que se encuentran probióticos, prebióticos y simbióticos los cuales representan un avance potencialmente significativo y seguro (Castro y Rodríguez, 2005).

Entre los probióticos se encuentran las levaduras Y picolinato de cromo, estos componentes pueden prevenir la interacción entre las bacterias patógenas y las células intestinales, así como fortalecer el sistema inmune y equilibrar la microflora intestinal. Esta información nos indica que el cultivo de levaduras vivas adicionado en dietas para cerdos mejora la salud intestinal, fortalece el sistema inmune, promoviendo un mejor ambiente que se reflejará en un mejor proceso de digestión y asimilación de nutrientes, así como la utilización de picolinato de cromo que ayuda a mejorar la actividad de la insulina, la suplementación con cromo podría disminuir la grasa corporal y fomentar las ganancias de carne magra (Galaz *et al*. 2013). Gran número de micro y macroelementos interactúan en la obtención de una adecuada nutrición en los animales. El cromo, como componente integral del factor de tolerancia a la glucosa, ayuda a controlar el apetito y absorción de proteínas y juega un papel protector contra las enfermedades cardiacas y la diabetes, se recomienda cromo dietético suplementario para animales sometidos a estrés ambiental (NRC, 1997). En la estructura molecular del factor de tolerancia a la glucosa el componente activo es el cromo (NRC, 2012) estimulando el metabolismo de los carbohidratos y potencializa la acción de la insulina favoreciendo el desempeño productivo (Anderson, 1994).

Es así como la aplicación de algunos microelementos, aminoácidos, péptidos, derivados de ácidos nucleicos, vitaminas, sales, ácidos grasos y carbohidratos fermentables en la alimentación ha mejorado considerablemente diferentes aspectos relacionados con la producción y calidad de carne particularmente los parámetros productivos como son relación

músculo/grasa, eficiencia de conversión, ganancia diaria, entre otros (García, 2007).

En base a lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de las dietas con la adición de picolinato de cromo y con levadura adicionada con cromo la respuesta productiva, características de la canal y físico-químicas de la carne para cerdos en engorda.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la respuesta productiva, calidad de la canal, características físico-químicas de la carne con dos probióticos diferentes en dietas para cerdos en etapa de crecimiento y finalización.

2.2. Objetivos específicos

Evaluar ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento con dos probióticos diferentes en dietas para cerdos en etapa de crecimiento y finalización.

Determinar pH, color, textura y capacidad de retención de agua con dos probióticos diferentes en dietas para cerdos en etapa de crecimiento y finalización.

Medir grasa dorsal, área del músculo *Longissimus dorsi*, profundidad de lomo, porcentaje de carne magra y ganancia de carne magra con dos probióticos diferentes en dietas para cerdos en etapa de crecimiento y finalización.

III. HIPÓTESIS

Al menos algún probiótico mejorará el comportamiento productivo, características físico-químicas y calidad de la canal.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Importancia de la porcinocultura en México

En México, la porcinocultura es de las principales actividades económicas pecuarias, donde la producción de carne de cerdo ocupa el tercer lugar a nivel nacional después de la carne de pollo y bovino. Su importancia es proporcionar un conjunto de productos de valor nutricional, los cuales son componentes esenciales en la dieta de grupos de ingresos bajos y medianos, obteniendo alrededor del 0.3 por ciento del producto interno bruto; A nivel global el consumo de carne de cerdo registra un creciente número de cabezas y volumen producido en el mundo. Siendo importante como fuente de proteína (Intagri, 2019).

4.2. Manejo de la porcinocultura

La porcinocultura se encuentra cada vez más influida por criterios de calidad, es por eso que el implementar prácticas de manejo puede reducir el riesgo para la salud humana. Considerando factores con relación a la sanidad de los animales. Las buenas prácticas pecuarias son el conjunto de procedimientos, condiciones y controles que se aplican en las unidades de producción, las cuales incluyen limpieza de instalaciones físicas y equipo e higiene y salud del personal para minimizar el riesgo de contaminación física, química y biológica durante la cría y el manejo de la piara (SENASICA, 2004).

4.3. Aditivos

Sustancias incluidas en la formulación de alimento cuyo propósito es incrementar la calidad nutricional modificando favorablemente características físicas, rendimientos productivos, la microflora intestinal o digestibilidad y la

salud de los animales. Dependiendo de sus propiedades y funciones son clasificados de acorde a las siguientes categorías: aditivos tecnológicos (antioxidantes), aditivos sensoriales (aromas), aditivos nutricionales (aminoácidos) y aditivos zootécnicos (estabilizadores de la flora intestinal)(Ravindran, 2010).

4.4. Probióticos

En el año de 1974 Parker definió probiótico como sustancia secretada por un microorganismo que estimula el crecimiento y genera beneficios al hospedero animal mejorando la micro flora intestinal (Angel, 2013).

Siendo una alternativa natural y sin efectos secundarios que mejoran de manera sensible el funcionamiento intestinal y optimizar la salud en no rumiantes, la cual se afecta por el estrés, malos hábitos alimenticios y abuso de los antibióticos, factores que pueden afectar negativamente el equilibrio de la flora intestinal, entre los probioticos utilizados podemos encontrar las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y picolinato de cromo (Angel, 2013).

En cerdos su uso es como aditivo natural, mejorando el equilibrio de la población microbial gastrointestinal. su uso ha disminuido el estrés al actuar como promotor de crecimiento natural, al mejorar parámetros productivos y estado del animal (De La C. Rodríguez Torrens *et al*. 2013)

Para que un microorganismo se considere probiótico debe tener tolerancia al pH gástrico, temperatura y sales biliares. Pueden tener actividad inhibitoria contra microorganismos productores de enfermedades transmitidas por alimentos, entre otros. Se entiende por enfermedades transmitidas por alimentos al conjunto de síntomas originados por la ingestión de agua

y/o alimentos que contengan agentes biológicos, que afectan la salud del consumidor (FAO/WHO, 2002).

4.5. Prebióticos

Son algunos componentes presentes de la fibra (fundamentalmente consistentes en polisacáridos no almidón y oligosacáridos) que nutren a grupos seleccionados de microorganismos que habitan en el intestino (Carrillo y Acevedo, 2009; Guarner *et al*. 2011).

4.6. Simbióticos

Los simbióticos son una mezcla de probióticos y prebióticos destinada a aumentar la supervivencia de las bacterias que promueven la salud, con el fin de modificar la flora intestinal y su metabolismo (Olagnero *et al*. 2007).

4.7. Importancia de la Levadura de cromo

Lázaro *et al.* (2005) mencionan que la levadura es un microorganismo eucarionte diferente a las bacterias, con resistencia natural, no modificable o transmitible a microorganismos.

Empleada como proteína de calidad en la formulación de alimento balanceado, con enzimas, vitaminas y co-factores que ayuda positivamente a la digestión en rumiantes como no rumiantes. Siendo incorporadas para lograr un mejor índice zootécnico (Lázaro *et al.* 2005)

Levadura Inactiva de Cromo: Los promotores de crecimiento como beta agonistas y somatotropina porcina, reducen la deposición de grasa y aumenta el rendimiento de carne en cerdos. Sin embargo, para perfeccionar calidad de la canal los fabricantes de alimento y productores prefieren usar aditivos

naturales, como la levadura enriquecida con cromo. Este mineral es esencial, tiene una mayor influencia sobre la proteína y metabolismo de los lípidos (García, 2002).

La levadura enriquecida con cromo mejora la proporción de crecimiento de cerdos, particularmente durante las fases tempranas, la eficacia de alimento, reduce el porcentaje de la mortalidad de lechones, mejora la composición de la canal - más magro/menos grasa (García, 2002).

4.8. Importancia del Picolinato de cromo

El picolinato de cromo (CrPic) es una de las tres formas biológicamente activas del cromo; es una sustancia de bajo peso molecular que se enlaza al receptor de insulina y mejora su actividad (Alvarado-Gámez et al. 2002). Además, es utilizado en nutrición animal, el cual se absorbe de diferente manera que el cromo convencional, encontrándose que es extraordinariamente estable y puede quedar intacto por varias horas en el juego gástrico por lo que a nivel celular se logra tener mejor disponibilidad (vicent, 2000).

El cromo ha alcanzado gran popularidad como suplemento alimenticio del género humano pues ayuda a los atletas a lograr mayor presencia de musculo (Matthews *et al.* 2001).

4.9. Bioquímica del Cromo

El Cr en forma divalente (Cr^{2+}) es más duro para reducir, ya que este al momento de tener contacto con el aire puede producir el Cr en forma trivalente; esta forma de Cr no es aprovechable para la alimentación de seres vivos (Pechova *et al.* 2007).

En forma hexavalente (Cr^{6+}) es la segunda forma más estable y contiene un agente que se encarga de oxidarse en un medio ácido. Esta presentación pasa la membrana biológica con gran

facilidad, reacciona con los componentes proteicos y con los ácidos nucleicos que se encuentran dentro de la célula y así pasa a convertirse en la forma trivalente dentro de la célula (Pechova *et al.* 2007).

El Cr (II) reducido reacciona con el oxígeno y en el proceso se generan radicales hidroxilo que son agentes de daño al ADN. Además, el picolinato de Cromo (CrPic) es extremadamente estable e inactivo con el agua o los amortiguadores comunes, no transfiere el Cr a la transferrina o a la albúmina y parece no verse afectado por la presencia de ácidos grasos o colesterol (Davis *et al.* 1996)

La última forma de Cr es la trivalente (Cr^{3+}) la cual es más estable para los organismos vivos, pero carece de la capacidad para pasar fácilmente por la membrana celular, esta forma tiende a no ser tan biológicamente significativo como en la forma hexavalente (Cr^{6+}). Debido a la baja reactividad y absorción gastrointestinal, ha sido usada en estudios para determinar su reacción en la digestión en varias especies (Furnival *et al.* 1990).

Sus funciones son varias entre las que se consideran: el mejoramiento del deterioro de la tolerancia intravenosa a la glucosa *in vivo*, el incremento del metabolismo de la glucosa en las levaduras, y el efecto de potencializar la acción de la insulina sobre el metabolismo de la glucosa en tejidos grasos de ratas de laboratorio (Alvarado *et al*. 2002).

4.10. Absorción

La absorción de Cr es baja; ocurre entre un 0.4 a 2.0% en su forma inorgánica y ésta puede aumentar la forma química en la que se encuentre (Pechova, 2007).

El Cr es rápidamente absorbido y su máxima concentración encontrada en la sangre se da alrededor de 90 minutos después de su consumo (Kerger *et al*. 1996)

En forma hexavalente (Cr^{6+}) se disuelve mejor que el Cr^{3+} y éste es absorbido en el intestino. Si es que el Cr es suplementado en forma de Cr^{6+} al parecer se reduce en la forma de Cr^{3+}, después dura bastante tiempo en el sitio de absorción (intestino delgado) (Doisy *et al*. 1976).

4.11. Transporte

El Cr es absorbido en la sangre y ligado con β-globulinas, siendo transportado de esta forma hacia el tejido y ligado para transferirlo sobre otra concentración física en el tejido. Los receptores de sensibilidad a insulina aumentan gracias al Cr e incrementa la hormona que estimula los receptores de transporte y así poder ser llevados hacia dentro de la membrana plasmática en la célula (Kandror, 1999).

El Cr ya encontrado en la sangre es absorbido con gran rapidez y se comienza a almacenar en bazo, hígado y riñones (Pechova, 2007)

Los receptores en la superficie de la célula son ligados con el Cr, esto ocurre en parte por la endocitosis y que la concentración va relacionada con la acidez o pH en las nuevas vesículas formadas (Vicent, 2000).

Gracias al transporte sanguíneo, es relativamente absorbido en los huesos y acumulado en el bazo, riñón e hígado (Stoecker, 1999).

4.12. Excreción

El Cr es absorbido en la sangre y ligado con β-globulinas, siendo transportado de esta forma hacia el tejido y ligado para

transferirlo sobre otra concentración física en el tejido. Los receptores de sensibilidad a insulina aumentan gracias al Cr e incrementa la hormona que estimula los receptores de transporte y así poder ser llevados hacia dentro de la membrana plasmática en la célula (Kandror, 1999).

El Cr ya encontrado en la sangre es absorbido con gran rapidez y se comienza a almacenar en bazo, hígado y riñones (Pechova, 2007).

Los receptores en la superficie de la célula son ligados con el Cr, esto ocurre en parte por la endocitosis y que la concentración va relacionada con la acidez o pH en las nuevas vesículas formadas (Vicent, 2000).

Gracias al transporte sanguíneo, es relativamente absorbido en los huesos y acumulado en el bazo, riñón e hígado (Stoecker, 1999).

4.13. Concentración de Cr en sangre

La literatura no reporta acerca de la presencia de Cr en material biológico. La concentración del mismo en la sangre presenta un mejoramiento gradual conforme se aumenta el consumo de este microelemento (Veillon y Paterson, 1999).

En el caso del ganado, las concentraciones de Cr en la sangre tienen directa relación con la cantidad existente en las plantas que consumen puesto que existen regiones donde se encuentra mayor cantidad en el suelo, la cual se acumula aumentando la concentración en la misma (Pechova *et al*. 2002).

4.14. Contenido de Cr en tejido

El Cr en forma trivalente tiende a acumularse en la piel, huesos, hígado, riñón, bazo, pulmones e intestino grueso. La acumulación en el músculo, no ocurre de manera frecuente (Wallach, 1985).

En cerdos de 30 kg que fueron suplementados con Cr presentaron aumento de los niveles a nivel renal (1.1 vs. 2.3 µg/kg) y en el hígado (5.9 vs.8.8 µg/kg), sin embargo, el contenido en músculo no excedió en gran cantidad en los animales suplementados al momento de compararlos con el testigo (Lidemann *et al.* 2004).

4.15. Función biológica del Cr

En investigaciones recientes, se ha encontrado que el factor de tolerancia a la glucosa no es una actividad que depende únicamente del Cr sino que en la unión del mismo con ligamento simple que da una sustitución para los componentes del crecimiento (Pechova *et al*., 2007).

Los nuevos componentes formados son para la insulina-estimulación, la cual ayuda a mantener la conformación y acrecentar las señales de insulina. Cuando el nivel de insulina en la sangre baja y las señales receptores se ven interrumpidas, el Cr es eliminado de las células (Davis y Vicent, 1997).

4.16. Metabolismo de los carbohidratos por el Cr

La suplementación de Cr e insulina en el tejido del animal en experimentos *in vitro* ha incrementado la oxidación de la glucosa, resultando CO_2 + H_2O, favoreciendo el proceso de la glucogénesis y la conversión de glucosa a lípidos (Anderson, 1997).

Kim *et al.* (2004) señalan que en estudios realizados en varias especies incluyendo al humano han confirmado la posibilidad sobre la influencia del Cr en la glucosa y la resistencia a la insulina.

4.17. Metabolismo de los lípidos por el Cr

Abraham *et al*. (1982) muestran evidencia que el Cr es esencial en el metabolismo y reducen el riesgo de aterogénesis. Ratas y conejos alimentados con una fórmula deficiente de Cr incrementaron el colesterol total y la concentración de lípidos en la aorta y mostrando además aumento en la formación de plaquetas.

Macnamara y Valadez (2005) estudiaron la acción de las propiedades del Propionato de Cromo en la lipogénesis y la lipólisis en ganado Holstein adicionado durante 21 días preparto hasta 35 días post- parto. El Cr incrementó la síntesis neta de grasa en el tejido adiposo y bajó la ganancia de los animales. La energía actúa por medio del Cr junto con los receptores de insulina e incrementan su adición en el tejido.

4.18. Metabolismo de las proteínas por el Cr

Evan y Bowman (1992) demostraron como aumentan los aminoácidos y la glucosa, así como también la respuesta en el esqueleto y músculo en ratas, a las cuales se les administró CrPic. Estas alteraciones por el consumo de los nutrientes se ven asociados con los cambios en los parámetros de insulina ya que son dependientes del Cr.

El mejoramiento potencial de los aminoácidos en las células del músculo dio resultados benéficos en la deposición total de proteínas (Roginski y Mertz. 1969).

4.19. Toxicología del CrPic

Los niveles dietéticos máximos tolerables para los cerdos se fijaron en 3.000 ppm de Cr como óxido y 100 ppm para las fuentes de Cr trivalente soluble (NRC, 2005); El Cr hexavalente es un tóxico que no es apropiado para su inclusión en la dieta de los cerdos. No se ha establecido una estimación cuantitativa del requisito de Cr para los cerdos. La adición de Cr a las dietas del ganado está regulada en la mayoría de los países en relación con las formas y los niveles de inclusión permitidos; Los formuladores de piensos deben conocer las restricciones que pueden afectar la dieta de los cerdos (NRC, 2012).

4.20. Parámetros productivos

Todo sistema de producción pecuario está relacionado con indicadores productivos, económicos, sociales ya ambientales, cuyas relaciones definen su sustentabilidad. El conocimiento y análisis de estos parámetros es básico para entenderlos, mejorarlos y propiciar su eficiencia (Martínez, 2003). En los cerdos para mercado, entre las variables más importantes se encuentran: el consumo de alimento, la ganancia de peso diario y la conversión alimenticia (Lozano y Dekker, 2016).

El consumo de alimento es el parámetro más crítico en un programa de alimentación. Esta afectado por una gran cantidad de factores como son el nivel de energía en la dieta, las condiciones ambientales, peso del animal, estado productivo y genética. La variable ganancia de peso es utilizada para estimar el tiempo que requerirá un animal para alcanzar el peso de mercado, también sirve para ver si el animal está ganando peso acorde a la etapa de producción en la que se encuentra (Campabadal, 2009). Campbell y Taverner (1988) comprobaron que cuando la alimentación es ad libitum los cerdos consumen más alimento.

4.21. Parámetros que definen la calidad de la canal

La definición de calidad de la carne es compleja y está influenciada tanto por factores intrínsecos al animal (edad, sexo, genética) como externos (granja, programa de alimentación, manejo, condiciones sanitarias y ambientales, transporte, técnica de pre y post sacrificio y de procesado de la carne) (Mendel, 2004). La calidad es un conjunto de propiedades de un producto, cumpliendo con las expectativas del consumidor. Cada individuo describe cosas diferentes al referirse a calidad, conceptualizando su acervo cultural, experiencia personal y sus capacidades perceptivas (Braña, 2011). La evaluación de las canales comenzó a principios del siglo XX en varios países del mundo como: Nueva Zelanda, Estados Unidos de América y Australia, en algunos otros surgieron, incluso propuestas de evaluación a finales del siglo pasado. La mayor parte de las evaluaciones de canales que se realizan en el mundo esquematizan los grados de calidad y rendimiento mediante una combinación de parámetros asociados a la canal (López *et al.* 1998)

Illescas *et al.* (2012) indica que la calidad de la carne debe ser de apariencia atractiva, apetitosa, palatable, nutritiva y saludable, exigencias que constituye la cadena, desde la producción en granja con todos sus aspectos, hasta el consumo, pasando por el transporte, el procesamiento y la conservación. La apreciación de calidad para un alimento fresco o perecedero va a ser resultado sumatorio de tres conceptos básicos: calidad físico-química (que hace referencia a la capacidad nutritiva del producto), calidad higiénica (representa la seguridad del alimento, la confianza de que no nos provoque intoxicación por bacterias a la ausencia de productos no deseados) y calidad estética (se relaciona con el

juicio de valor que el consumidor expresa sobre color, olor y sabor).

4.22. Calidad de la carne

Uno de los principales objetivos de la industria pecuaria es proporcionar productos inocuos y de calidad a los consumidores. Sin embargo, para ellos la calidad de un producto va más allá de la inocuidad, calidad organoléptica o nutricional, pues también deben valorarse aspectos relacionados con las condiciones de producción y el impacto de la actividad sobre el ambiente (Sepúlveda *et al*. 2008).

V. MATERIALES Y METÓDOS

5.1. Localización

La presente investigación se realizó en San Andrés Payuca, municipio de Cuyoaco, Puebla (Figura 1). Se localiza a 19°31'56.5"de LN y a 97°36'33.3"de LO a una altitud de 2387 msnm. Con un clima predominante templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual que oscila entre 12 – 18 °C y un rango de precipitación de 644.8 mm (INEGI, 2011).

Figura 1. Localización de área experimental en San Andrés Payuca, Cuyoaco, Puebla.

5.2. Fase experimental

Se utilizaron nueve cerdos machos castrados de la raza Landrace x Pietrain de 50 ± 4 kg de peso vivo (PV). Se alojaron en corrales individuales (1.2 X 1.5 m) (Anexo 1) una semana previa al experimento cada uno con un comedero y un bebedero e identificados por número de corral y tratamiento. El agua y alimento se administraron *ad libitum*. Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones cada uno, evaluando dos etapas experimentales de 50-75 y 75-100 kg de PV respectivamente (Cuadros 1 y 2).

En las dietas se utilizó un producto elaborado con compuestos propios de la fermentación, células de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*) y oligosacáridos: mánanos y -

glucanos, para alimentación animal, formulada con el comando Solver de Excel (Microsoft Excel, 2007) para cubrir los requerimientos sugeridos por el NRC (2012).

Cuadro 1. Composición de dietas en etapa de 50 – 75 kg.

INGREDIENTE	Testigo	Tratamiento 2	Tratamiento 3
	%	%	%
Maíz	**74.77**	**74.77**	**74.77**
Pasta de soya	**19.72**	**19.72**	**19.72**
Aceite	**2.25**	**2.25**	**2.25**
Lisina	**0.50**	**0.50**	**0.50**
Metionina	**0.15**	**0.15**	**0.15**
Treonina	**0.15**	**0.15**	**0.15**
Sal	**0.30**	**0.30**	**0.30**
Carbonato de calcio	**1.26**	**1.26**	**1.26**
Ortofosfato de calcio	**0.9**	**0.9**	**0.9**
Picolinato de cromo	**--**	**0.200**	**--**
Levadura de cromo	**--**	**--**	**0.100**
	Análisis calculado		
Energía metabolizable Mcal kg^{-1}	**3.30**	**3.30**	**3.30**
Proteína cruda (%)	**14.5**	**14.5**	**14.5**
Ca (%)	**0.59**	**0.59**	**0.59**
P (%)	**0.27**	**0.27**	**0.27**

Tratamiento 1: testigo, Tratamiento 2: picolinato de cromo, Tratamiento 3: levadura con cromo.

Cuadro 2. Composición de dietas en etapa de 75 - 100 kg.

INGREDIENTE	Testigo %	Tratamiento 2 %	Tratamiento 3 %
Maíz	81.66	81.66	81.66
Pasta de soya	13.95	13.95	13.95
Aceite	0.92	0.92	0.92
Lisina	0.55	0.55	0.55
Metionina	0.18	0.18	0.18
Treonina	0.18	0.18	0.18
Sal	0.30	0.30	0.30
Carbonato de calcio	1.41	1.41	1.41
Ortofosfato de calcio	0.85	0.85	0.85
Picolinato de cromo	--	0.200	--
Levadura de cromo	--	--	0.100
Análisis calculado			
Energía metabolizable (Mcal kg^{-1})	3.30	3.30	3.30
Proteína cruda (%)	13.50	13.50	13.50
Ca (%)	0.64	0.64	0.64
P (%)	0.45	0.45	0.45

Tratamiento 1: testigo, Tratamiento 2: picolinato de cromo, Tratamiento 3: levadura con cromo.

5.3. Tratamientos

Cada tratamiento fue conformado por tres cerdos machos castrados de la raza Landrace / Pietrain de 50 ± 4 kg de peso vivo.

Los tratamientos fueron los siguientes:

T_1: Testigo.

T_2: Picolinato de cromo (Anexo 3).

T_3: Levadura adicionada con cromo (Anexo 4).

5.4. Variables evaluadas

Las variables de respuesta estudiadas en cada etapa del experimento fueron:

Comportamiento productivo: consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), ganancia de carne magra (GCM), peso inicial y final de los cerdos (PI y PF)

Características de la canal: grasa dorsal inicial y final (GDI y GDF), porcentaje de carne magra inicial y final (%CMI y %CMF), área de musculo *Longissimus dorsi* inicial y final (AMLI y AMLF).

Características físico – químicas de la carne: color, pH y capacidad de retención de agua (CRA).

5.4.1. Comportamiento productivo

5.4.1.1. Consumo diario de alimento

Se midió semanalmente con una báscula comercial; CDA se obtuvo por la diferencia del alimento ofrecido y el rechazado, se reportó en kg.

5.4.1.2. Ganancia diaria de peso

Los cerdos se pesaron de manera individual al inicio y al final de cada etapa, con una báscula comercial marca Remex con capacidad de 500 kg y se reportó en kg (Anexo 7 y 9).

5.4.1.3. Conversión alimenticia

Se calculó dividiendo el alimento consumido entre el peso vivo obtenido, ambos parámetros se midieron en una misma unidad (kg).

5.4.2. Características de la canal

El primer día y último de cada etapa, se midió grasa dorsal (GD) y área del músculo *Longissimus dorsi* (AML); a la altura de la décima costilla (Anexo 11), con un equipo de ultrasonido en tiempo real de la marca SIUI, modelo CTS-3300V (Anexo 5).

5.4.3. Características físico-químicas

Se evalúo al final de cada fase experimental, cuando los animales alcanzaron 100 kg de PV, se sacrificaron tres animales por tratamiento (Anexo 14) y se tomaron muestras de pierna (*Bíceps femoris*) y lomo (*Longissimus dorsi*)(Anexo 16); posteriormente se midió color, pH y capacidad de retención de agua (CRA).

5.4.3.1. Color

La determinación de color se realizó utilizando una muestra de lomo y pierna de 250 g aproximadamente a las 24 horas *post mortem* utilizando un colorímetro portátil marca Konica Minolta Sensing, Inc. Japan, modelo CR-40 (Anexo 18). Se calibró y se colocó en tres diferentes puntos sobre el área superficial de las muestras para medir las variables (L*) = luminosidad, (a*) =índice rojo-verde y (b*) =amarillo- azul.

5.4.3.2. pH

Se midió directamente en el músculo (Anexo 17) de la pierna y lomo a las 24 horas *post mortem* con un potenciómetro portátil marca OHAUS, modelo ST20 (Guerrero *et al*., 2002).

5.4.3.3. Capacidad de retención de agua

Se realizó en lomo y pierna utilizando el método propuesto por Guerrero *et al*. (2002) a las 24 horas *post mortem*: utilizando 2 g de carne finamente picada esto se colocó en un tubo de centrifuga y se homogenizó con 5 mL de solución 0.6 M de cloruro de sodio agitándose en un vortex durante 1 min; las muestras se dejaron reposar durante 30 min en un refrigerador a 4 °C y posteriormente se centrifugan durante 15 min a 10,000 rpm (Anexo 19). El sobrante se decantó y midió en una probeta. El volumen obtenido de agua se reportó como la cantidad de agua retenida en 100 g de carne.

5.5. Presupuesto parcial

Se realizó un presupuesto parcial, ya que permite la evaluación del impacto en la ganancia que resulta de la implementación de una alternativa en la producción. El cambio en las ganancias se calculó restando el total de los costos del total de ingresos.

Para esto, se tomó en consideración el costo del alimento consumido por cada tratamiento, así como el costo que implicó la aplicación la compra de los animales en lo que refiere a los ingresos se tomaron en cuenta los kilogramos de cerdo en pie previos al sacrificio, multiplicados por el precio actual de $29 para cada tratamiento. Se realizó al final del experimento y se calculó el costo beneficio utilizando la siguiente formula:

$$B/C = \frac{INGRESOS}{INVERSION}$$

Dónde:

B = Beneficio

C = Costo

5.6. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones con el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij}= Valor de la variable respuesta correspondiente al i-ésimo tratamiento, en la j-esima repetición.

i = 1, 2,3.

j = 1, 2,3.

μ = Media general estadística

T_i= Efecto del i-ésimo tratamiento donde i= 1, 2, 3.

E_{ij}= Error experimental del i-ésimo tratamiento en la j-esima repetición.

El análisis estadístico se realizó con el procedimiento GLM de SAS y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($p<0.05$); (SAS, 2010).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Parámetros productivos

Los resultados indican que la suministración de ambos probioticos no modificó los parámetros productivos CDA, GDP, PVF, GCM y CA ($P<0.05$) en cerdos de 50-75 kg (Cuadro 3). Van de Light *et al.* (2002) demostraron que suplementando cerdos con 200 ppb de CrPic presentaron mayor ganancia de peso ($P<0.01$) en comparación con el grupo testigo. Mientras, Lemme *et al.* (1999) encontraron que suplementando cerdos desde los 24.5 kg hasta los 105.5 kg de peso vivo, con 200 ppb de levadura con cromo orgánico la ganancia diaria de peso y la conversión se vieron afectadas de forma positiva, mostrando resultados diferentes al presente estudio, lo que puede deberse a que el nivel de inclusión utilizado por dicho autor fue mayor a los de la presente investigación.

Por lo que se puede inferir que ambos probioticos no afectan los parámetros productivos, al igual que la GCM para esta etapa de producción.

Cuadro 3. Comportamiento productivo de cerdos en finalización (50-75) alimentados con picolinato de cromo y levadura adicionada con cromo en la dieta (Etapa 1).

TRATAMIENTOS	CDA (kg d^{-1})	GDP (Kg d^{-1})	CA	PVF (kg)	GCM (Kg)
1	2.48	0.91	2.76	76.40	0.21
2	2.57	1.02	2.54	76.66	0.27
3	2.44	0.97	2.53	77	0.26
EEM	0.08	0.13	0.31	6.21	0.03
P	0.24	0.63	0.61	0.99	0.23

No existieron diferencias significativas. EEM: Error estándar de la media, 1: Testigo, 2: Picolinato de cromo, 3: Levadura adicionada con cromo, CDA: Consumo diario de alimento, GDP: Ganancia de peso, CA: Conversión alimenticia, PVF: Peso final, GCM: Ganancia de carne magra.

En la segunda etapa no se encontraron diferencias ($P<0.05$) en las variables productivas de CDA, GDP, PVF, GCM y CA (Cuadro 4). Lindemann *et al.* (2008) encontraron que suplementar cerdos de 60 kg y 90 kg de peso con (5000 ppb) de levadura con cromo no causa efecto sobre la ganancia diaria de peso, el consumo diario de alimento y conversión alimenticia; pero si se demuestra un efecto positivo en la ganancia diaria de peso en animales suplementados desde los 90 kg hasta los 114.6 kg de peso vivo, lo que indica que la levadura adicionada con cromo orgánico mejora los resultados si se suplementan más tiempo y son sacrificados con un peso mayor.

Cuadro 4. Comportamiento productivo de cerdos en finalización (75-100) alimentados con picolinato de cromo y levadura de cromo en la dieta (Etapa 2).

TRATAMIENTOS	CAL (kg/d)	GDP (Kg d^{-1})	CA	PVF (kg)	GCM (Kg)
1	3.03	0.75	3.74	100.5	0.24
2	3.07	0.83	3.60	105.5	0.22
3	2.90	0.85	3.19	91.5	0.23
EEM	0.13	0.08	0.46	4.80	0.01
P	0.29	0.36	0.37	0.68	0.11

No existieron diferencias significativas. EEM: Error estándar de la media, 1: Testigo, 2: Picolinato de cromo, 3: Levadura adicionada con cromo, CAL: Consumo de alimento, GDP: Ganancia de peso, CA: Conversión alimenticia, PVF: Peso final, GCM: Ganancia de carne magra.

6.2. Características de la canal

En cuanto a características de la canal no se observaron diferencias (P<0.05) en GDI, GDF, AMLI, AMLF, PCMI y PCMF en la primera etapa (Cuadro 5). Rentería (1998) encontró que al proporcionar picolinato de Cr en la dieta de cerdos en crecimiento, la grasa dorsal no se afecta por la adición de Cr. En estudios realizados por Lindemann *et al.* (2008) mencionan que suplementar levadura con cromo a animales con pesos superiores es importante. Lindemann *et al.* (1995) y Page *et al.* (1993) Observaron que la adición de 200 ppb de Cr a partir de picolinato de cromo aumentó el área del músculo Longissimus *dorsi* y disminuyó grasa dorsal, en cerdos en etapa de crecimiento - finalización. Mientras Jackson *et al.* (2009) observaron que la adición de Cr a la dieta disminuyó la grasa dorsal e incrementó el porcentaje de carne magra, resultados diferentes al presentes estudio, esto probablemente se debe a que las cantidades utilizadas no fueron altas para modificar las características de la canal, igual a la raza y pesos de los animales utilizados.

Cuadro 5. Características de la canal de cerdos en finalización (50-75 kg) de peso vivo alimentados con picolinato de cromo y levadura adicionada con cromo en la dieta (Etapa 1).

TRATAMIENTOS	GDI (mm)	GDF (kg d^{-1})	AMLI (cm^2)	AMLF (cm^2)	PCMI (%)	PCMF (%)
1	6.33	12.33	19.41	18.40	32.78	45.60
2	7	11	18.09	20.70	30.59	46.60
3	7	10.33	19.09	15.46	31.73	47.18
EEM	0.33	1.88	1.67	3.56	1.62	3.53
P	0.07	0.46	0.62	0.27	0.32	0.86

No existieron diferencias significativas. 1: Testigo, 2: Picolinato de cromo, 3: Levadura adicionada con cromo, GDI= Grasa dorsal inicial, GDF=Grasa dorsal final, AMLI= Área de músculo *longissimus* inicial, AMLF= Área de músculo *longissimus*

final, PCMI= Porcentaje de carne magra inicial, PCMF= Porcentaje de carne magra final, EEM= Error estándar de la media.

En la segunda etapa de igual manera no hubo diferencia ($P<0.05$) en las características de la canal como son GDI, GDF, AMLI, AMLF, PCMI y PCMF (Cuadro 6). Light *et al.* (2002) mencionan porque ninguno de los tratamientos muestra alguna diferencia, ya que el promedio de los pesos finales fue de 90 kg de peso vivo (Cuadro 4),por lo que la acumulación de grasa se genera cuando los animales son sacrificados después de los 100 kg, es decir, el efecto de suplementar probióticos se hace más importante cuando se pasa el punto de inflexión de la deposición de grasa, donde la acumulación de lípidos es más dominante.

Cuadro 6. Características de la canal de cerdos en finalización (75-100 kg) de peso vivo alimentados con picolinato de cromo y levadura de cromo en la dieta (Etapa 2).

TRATAMIENTOS	GDI (mm)	GDF (kg d^{-1})	AMLI (cm^2)	AMLF (cm^2)	PCMI (%)	PCMF (%)
1	12.33	14	18.40	16.83	45.60	59.25
2	11	12.66	20.70	15.93	46.60	61.13
3	10.33	12	15.46	15.00	47.18	62.71
EEM	1.88	1.05	3.56	2.98	3.53	3.03
P	0.46	0.13	0.27	0.76	0.86	0.42

No existieron diferencias significativas. 1: Testigo, 2: Picolinato de cromo, 3: Levadura adicionada con cromo, GDI= Grasa dorsal inicial, GDF=Grasa dorsal final, AMLI= Área de músculo *longissimus* inicial, AMLF= Área de músculo *longissimus* final, PCMI= Porcentaje de carne magra inicial, PCMF= Porcentaje de carne magra final, EEM= Error estándar de la media.

6.3. Características físico-químicas

En el (Cuadro 7 y 8) se encuentran los valores de pH y color (L* a* y b*) de la carne de lomo y de pierna en donde se observa que no hubo diferencias ($P<0.05$) en la suministración de cada tratamiento; Sin embargo, si hubo diferencia para capacidad de retención de agua ($P<0.0001$) en carne de pierna y en lomo ($P<0.004$). Castrillón *et al*. (2007) menciona que para carne de cerdo, valores de pH 5.5 indican, carnes pálidas suaves y oxidativas (PSE); valores de pH 6.0, se consideran carnes duras firmes y oscuras (DFD), mientras que valores de pH entre 5.6 y 5.9 indican carnes normales. Los valores de pH en el presente estudio el más bajo (5.32) se observa en el T3 y más alto (5.8) en el T1 en pierna; mientras que en lomo fueron (5.58) en el T2 y (5.78) en T1; lo que se explica que están dentro de lo que marca la literatura como carnes normales.

Los consumidores relacionan a un producto fresco con una variable como el color; en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en L*, a* y b*. (Homsi y Francisco, 2003) mencionan que el grado de acidificación es relaciona con la CRA: a mayor pH mayor retención de agua. Algunos estudios reportan que la capacidad de retención de agua en pierna es de 1.98-2.54% y en lomo de 3.82-5.15%. En el presente estudio se obtuvo una CRA con un valor mínimo de 0.55 ml y el más alto de 0.96 ml en pierna y en lomo 0.88 y 1.05 ml; a pesar de no haber diferencias en PH por efecto de los tratamientos la variable CRA se modificó por efecto de los diferentes probioticos.

Cuadro 7. Características físico-químicas de la carne en pierna de cerdos en finalización (75-100 kg) alimentados con picolinato de cromo y levadura adicionada con cromo en la dieta (Etapa 2)

TRATAMIENTOS	pH	Color			CRA
		L*	a*	b*	
1	5.8	52.60	11.92	5.58	0.96 a
2	5.64	41.30	12.50	3.75	0.55 b
3	5.32	50.90	8.22	2.50	0.90 **a**
EEM	0.33	6.20	1.97	1.51	0.04
P	0.25	0.13	0.07	0.11	0.0001

[abc] Medias con distinta literal difieren significativamente (P≤0.05). En todas las variables fisicoquímicas se agregó el error estándar de la media (EEM); 1: Testigo, 2: Picolinato de cromo, 3: Levadura adicionada con cromo, L*= Luminosidad; a*= Índice rojo; b*= Índice amarillo; CRA= Capacidad de retención de agua.

Cuadro 8. Características físico-químicas de la carne en lomo de cerdos en finalización (75-100 kg) alimentados con picolinato de cromo y levadura adicionada con cromo en la dieta (Etapa 2)

TRATAMIENTOS	pH	Color			CRA
		L*	a*	b*	
1	5.78	52.57	7.48	3.61	0.93[b]
2	5.58	48.76	7.27	2.90	1.05[a]
3	5.67	48.64	13.31	4.99	0.88[b]
EEM	0.27	4.16	3.05	2.00	0.03
P	0.67	0.46	0.08	0.47	0.0041

[abc] Medias con distinta literal difieren significativamente (P≤0.05). En todas las variables fisicoquímicas se agregó el error estándar de la media (EEM); L*= Luminosidad; a*= Índice rojo; b*= Índice amarillo; CRA= Capacidad de retención de agua.

6.4. Presupuesto parcial

Durante la fase experimental en el (Cuadro 9) se muestran los costos de alimentación y el costo que género la aplicación de cada tratamiento, así como los ingresos y las ganancias correspondientes a cada uno.

En lo que se refiere a la alimentación, el costo total para el T3 fue de $5006.00, para el testigo fue de $4898.50 y el T2 correspondiente al picolinato de cromo se obtuvo un valor inferior a los dos tratamientos anteriores: $4123.00. Por lo que se concluye que el T2 (picolinato de cromo) resulta ser más económico en comparación con el T3 (levadura adiciona con cromo), sin embargo, aún que los tres tratamientos generan ganancias para el productor, en este trabajo el T2 resulto tener una mejor ganancia.

Cuadro 9. Análisis económico de los Costos, ingresos y ganancias en cerdos machos alimentados con dieta balanceada, adición de picolinato de cromo y levadura adiciona con cromo.

Tratamientos	Costo por compra de animales		
	N. de animales	Precio por animal	Egresos Totales
Testigo	3	1300	3900
Picolinato de cromo	3	1300	3900
Levadura adicionada con cromo	3	1300	3900
		Costos de alimentación	
	Crecimiento	Finalización	Total
Testigo	2059.00	2839.50	4898.50
Picolinato de cromo	1791.00	2332.00	4123.00
Levadura adicionada con cromo	1777.50	3228.50	5006.00

	Ingresos		
	Kg de cerdo en pie previos al sacrificio	Precio Kg/cerdo en pie	Total
Testigo	297.5	30	8925.50
Picolinato de cromo	302.5	30	9075.00
Levadura adicionada con cromo	308	30	9240.00

	Ganancias		
	Testigo	Picolinato de cromo	Levadura adicionada con cromo
Costos	8798.50	8023.00	8906.00
Precios de venta	8925.00	9075.00	9240.00
Beneficio/ costo	1.014	1.131	1.038

Tratamiento 1: testigo, Tratamiento 2: picolinato de cromo, Tratamiento 3: levadura con cromo.

VII. CONCLUSIÓNES

Respecto a las variables productivas no se incrementaron por efecto de los dos probioticos en las dos etapas experimentales.

Las características de la canal grasa dorsal no se disminuyeron y tampoco se incrementaron el área del musculo *Longissimus dorsi* y porcentaje de carne magra por efecto de los diferentes tratamientos en ambas etapas experimentales.

Las características fisicoquímicas de la carne en lomo y pierna, el pH y color no se modificaron por efecto de los diferentes tratamientos, sin embargo, la variable capacidad de retención de agua si se modificó siendo mayor en el picolinato de cromo.

Respecto a la suplementación de picolinato de cromo se obtuvo una mejor relación en cuanto a costo-beneficio, resultando ser más económico respecto de los demás tratamientos.

VIII. LITERATURA CITADA

Alvarado-Gámez A. Blanco-Sáenz R. & Mora-Morales E. 2002. El cromo como elemento esencial en los humanos. Rev. Costarric. Cienc. Méd.

Andersson H. Asp N. G. Bruce Å. Roos S. Wadström T., & Wold A. E. 2001. Health effects of probiotics and prebiotics a literature review on human studies. Scandinavian Journal of Nutrition/Naringsforskning.

Angel Londoño M. A. 2013. Uso de probioticos en la nutricion de monogastricos como alternativa para mejorar un sistema de producción. Reponame:Repositorio Institucional de La Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Amoikon E. K. Fernandez J. M., Southern L. L., Thompson Jr. D. L. Ward T. L. & Olcott, B. M. 1995. The effect of chromium tripicolinate on growth, glucose tolerance, insulin sensitive, plasma metabolites, and growth hormone in pigs. Journal of Animal Science, 73: 1123-1130.

Anderson R. A. 1997. Nutritional factors influencing the glucose/insulin system: Chromium. Journal of American College Nutrition, 16: 404-410.

Barnhart J. 1997. Occurrences, uses, and properties of chromium. Regulatory Toxicology Pharmacology, 26: S3-S7.

Barajas R., Cervantes B. J., Velázquez E. A., Romo J. A., Juárez F., Rojas P. J., Peña F. R. 2008. Chromium methionine supplementation on feedlot performance and carcass characteristics of bulls: II results including trough hot and humidity season in the Northwest of Mexico.

Proc. Western Section, American Society of Animal Science. 59:374-377.

Bellenda G.O. 2004. La ecografía en la calificación carnicera del cerdo vivo. *In:* Producción porcina: ecografía y ultrasonografía. Centro de Información de Actividades Porcinas.

Boleman S.L., S.J. Boleman, T.D. Bidner, L.L. Southern, T.L. Ward, J.E. Pontif, and M.M. Pike. 1995. Effect of chromium picolinate on growth, body composition, and tissue accretion in pigs. J. Anim. Sci. 73:2033- 2042.

Braña V. D., Ramírez R. E., Rubio L. M de la S., Sánchez E. A., Torrescano U. A., Arenas de M. M. L., Partida de la P., J. A., Ponce A. E. Y F. G. Ríos, R. 2011. Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. Centro Nacional de Investigación Disciplina en Fisiología y Mejoramiento Animal. Querétaro, México. 7-28.

Campabadal C. 2009. Guía Técnica para Alimentación de Cerdos. In Guía T écnica para Alimentación de Cerdos.

Campbell, R. and Taverner, R. 1998. Genotype and Sex Effects on the Relationship Between Energy Intake and Protein Deposition in Growing Pigs. J. Anim. Sci. 66: 676-686.

Castro Marilce y Rodríguez Fernando. 2005. Levaduras: probióticos y prebióticos que mejoran la producción animal. Revista Corpoica, 6 (1): 26-34.

Castrillón WE, Fernández JA, Restrepo LF. 2007. Variables asociadas con la presentación de carne PSE (Pálida, Suave, Exudativa) en canales de cerdo. Rev Colomb Cienc Pecu; 20:327338.

De La C. Rodríguez Torrens H., Barreto Argilagos G., Bertot

Valdés, A., & Vázquez Montes De Oca R. 2013. Efficient microorganisms as growth promoters in pigs to weaning. Revista Electronica de Veterinaria.

Davis C. M., Sumarail K. H., Vincent J. B. 1996. A biological active may active a membrane phosphotyrosine phosphatase. Biochem. 35:12953-12969.

De Caro, A., Basso, C. P., Alleva, G., Premezzi, D. y L. R. Basso. 2005. El contenido de magro de canales porcinas y su relación con variables de calidad y de origen.InVet, 7 (1): 11-17.

Doisy R. J., Streeten D. H. P., Freeuberg J. M., Schneider A. J. 1976. Chromium metabolism in man and biochemical effects. Essential and Toxic Elements. Vol. 2. Academic Press, New York. 79- 104.

Evans G. W., Bowman T.D. 1992. Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. Journal of Inorganic Biochemistry, 48, 243-250.

Furnival E.P., Corbert J.L., Inskip M. W. 1990. Evaluation of contolled release divices for administration of chromium sesquioxide using fistulated grazing sheep. Variation in marker concentration in faeces. Australian Jornal of Agrucultural Research. 41, 969-975.

Furnival E.P., Corbert J.L., Inskip M. W. 1990. Evaluation of contolled release divices for administration of chromium sesquioxide using fistulated grazing sheep. Variation in rate of release for the divice. Australian Jornal of Agrucultural Research. 41, 977-986.

FAO/WHO. 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food (Working Group on Drafting Guidelines for the

Evaluation of Probiotics in Food). Food and Agriculture Organization of the United Nations World Health Organization.

Figueroa J., Chi E., Ramirez M., & Dominguez I. 2006. Alimentos funcionales para cerdos al destete Functional foods for weanling pigs. Vet Mex.

García S. 2002. Las levaduras para la alimentación de los porcinos (Saccharomyces cerevisiae). … de Negocios Internacionales Relacionados Con La ….

Galaz V., Barrera M. A., Araiza A., Anaya J., Serrano A. y Retes R. 2013. Efecto en dietas con diferente densidad de nutrientes y una levadura viva (Saccharomyces cerevisiae) sobre el comportamiento productivo, estatus de salud, características de la canal y costo de alimento por kilogramo ganado, en cerdos en crecimiento-finalización durante periodos de estrés calórico. Congreso internacional en administración de empresas agropecuarias. Universidad de Sonora, México. Pp 734-741.

García J. y Sáenz T. 2000. Levadura Saccharomyces. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. Tercera Edición. Capítulo 4: 239.

García Sánchez Alfredo y Palomo Guijarro Gonzalo. 2004. Alternativas a los antibióticos en producción de porcino (II). Artículos Ivis, 111: 22-26.

Germán, A. R.; Camacho, R. J. C.; Gallegos, S. J.; 2005. Producción De Cerdos. Secretaria De La Reforma Agraria.

Guarner Francisco, Aamir G. Kha, James Garisch, Rami Eliakim, Gangl Alfred, Thomson Justus Krabshuis y Ton Lemair. 2011. Guía práctica de la organización mundial de

gastroenterología: Probióticos y prebióticos. Pp 1-29.

Homsi, B. L. A., and P. L. Francisco. 2003. Water holding capacity (WHC) and subjective color assessment of different preclassified swine carcass cuts according to the longissimus dorsi pH. Proc. 49th. Int. Congress Meat Sci. Technol. 59: 573-582

Illescas, J. L., Ferrer, S. y Bacho, O. 2012. Parametros que definen o influyen en la calidad de la carne de cerdo. In: Porcino. Mercasa. España. Pp: 151-159.

INTAGRI. 2019. Sistemas de Producción Porcina. Serie Ganadería, Núm. 33. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2011. Disponible en: http://www.microrregiones.gob.mx/cedulas/localidadesDin/ubicacion/relieve.asp?micro=CENTRO%201&clave=210440020&nomloc=SAN%20ANDRES%20PAYUCA.

Jackson A. R., S. Powell, S. L. Johnston, J. O. Matthews, T. D. Bidner, F. R. Valdez and L. L. Southern. 2009. The effect of chromium as chromium propionate on growth performance, carcass traits, meat quality, and the fatty acid profile of fat from pigs fed no supplemented dietary fat, choice white grease, or tallow. J. Anim Sci. 87:4032-4041.

Kandror K.V. 1999. Insulin regulation of protein traffic in rat adiposyte cells. Journal of biological Chemistry. 274, 25210-25217.

Kerger BD, Paustenbach DJ, Corbett G. E., Finely BL. 1996. Absorption and elimination of trivalent and hexavalent

chromium in humans following ingestion of bolus dose in drinking water. Toxicol Appl Pharmacol 141:145-58.

Kim D. S., Kim T. W., Kang J. S. 2004. Chromium picolinate supplementation improves insulin sensitivity in diabetic rats. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology.

Lemme, A.; Wenk, C.; Lindemann, M.; Bee, G. 1999. Chromium yeast affects growth performance but not whole carcass composition of growing-finishing pigs. Ann. Zootech. 48(6):457-468.

Lindemann, M.D., C.M. Wood, A.F. Harper, E.T. Kornegay, and R.A. Anderson. 1995. Dietary chromium picolinate additions improve gain:feed and carcass characteristics in growing/finishing pigs. J. Anim. Sci. 73:457465.

Lindemann M. D., Carter S. D., Chiba L.I., Dove C. R., LeMieux F. M., Souther L. L. 2004. A regional evaluation of Chromium Tripicolinate supplementation of diets fed to reproduciong sows. Journal of Animal Science, 82, 2972-2077.

Lindeman, M. D., G. L. Cromwell, H. J. Monegue and K. W. Purser. 2008. Effect of chromium source on tissue concentration of chromium in pigs. J. Anim. Sci. 86:2971-2978.

Lázaro C. D., Carcelén F. C., Torres M. A., & Ara M. G. 2005. Efecto de probióticos en el alimento de marranas sobre los parámetros productivos de lechones. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru.

Losano J. y J. E. Dekker. 2016. Características del proceso productivo. In. Rincón del cerdo. Universidad del CEMS. Argentina. pp. 17-20.

MacNamara J.P., Valdez F. 2005. Adipose tissue metabolism and production responses to calcium propionate. Journal of Dairy Science, 88, 498-507.

Martínez, C. F. E., Herrera, H. J. G., García, C. A. del C. y J. Pérez, P. 2003. Indicadores productivos y de sustentabilidad económica de granjas porcinas urbanas en el norte de México D.F. Archivo de zootecnia. 52: 101-104.

Matthews, J. O., L. L. Southern, J. M. Fernandez, J. E. Pontif, T. D. Bidner, R. L. Odgaard. 2001. Effect of Chromium Picolinate and Chromium Propionate on Glucose and Insulin Kinetics of Growing Barrows and on Growth and Carcass Traits of Growing-Finishing Barrows. J. Anim. Sci. 79: 2172-2178.

Matthews, J. O., A. C. Guzik, F. M. LeMieux, L. L. Southern and T. D. Binder. 2005. Effects of chromium propionate on growth, carcass traits, and pork quality of growingfinishing pigs. J. Anim. Sci. 83:858-862.

Mendel, P. y A. Fuentetaja. 2000. Efecto del perfil genético, sexo, peso al sacrificio y la alimentación sobre la producción y la calidad de la canal y carne de cerdos grasos. In: Factores que afectan en la producción de cerdo graso. FEDNA. 113-139.

Montero, L. M.; Martínez, G. R. G.; Herradora, L. M. A.; Ramírez, H. G.; Espinosa H. S.; Sánchez, H.M.; Martínez, R. R.; 2015. Alternativas para la producción porcina a pequeña escala. Universidad Nacional Autónoma de México.

Matthews, J. O., A. D. Higbie, L. L. Southern, D. F. Coombs, T. D. Bidner, R. L. Odgaard. 2003. Effect of Chromium

Propionate and Metabolizable Energy on Growth, Carcass Traits, and Pork quality of Growing-Finishing Pigs. J. Anim. Sci. 81: 191-196.

Nutrient Requirements of Sheep, Sixth Revised Edition, 1985, National Academy Press, Washington D C.

Nutrient Requirements of Swine. 2012. 11th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

Olagnero G., Bendersky S., Genevois C., Granzella L., & Montonati M. 2007. Alimentos funcionales: Fibra, Prebióticos, Probióticos y Simbióticos. Diaeta.

Page, T. G., L. L. Southern, T. L. Ward, and D. L. Thompson, Jr. 1993. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 71:656–662.

Parker, R.B. 1974. Probiotics, the other half of the antibiotic story. Anim Nutr Health 29:4-8.

Pechova, A., Pavlata, L. 2007. Chromium as an essential nutrient: a review. Veterinarni Medicina. (1): 1-18.

Pechova A., Illek J., Sindelar M., Pavlata L. 2002. Effects of chromium supplementation on growth rate and metabolism in fattening bulls. Acta Veterinaria Brno. 71 535-541.

Pérez, Z. O. Sistema de producción Porcina. Secretaria De Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural Pesca Y Alimentación.

Roginski E. F., Mertz W. 1969. Effects of Chromium supplementation of glucose and amino acid metabolism in rats fed a low protein diet. Journal of Nutrition. 97: 525-530.

Ravindran V. 2010. Aditivos en alimentación animal: Presente y futuro. Xxvi Curso De Especializacion Fedna. 3–26.

Shelton J. L. R. L. Payne S. L. Johnston T. D. Bidner L. L. Southern R. L. Odgaard and T. G. Page. 2003. Effect of chromium propionate on growth, carcass traits, pork quality, and plasma metabolites in growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 81:2525- 2524

Stoecker B. J. 1999. Chromium. In: Shils M. E., Olson J. A., Shike M., Ross A. C.: *Modern Nutrition in Health and Disease.* 9th. Ed Williams & Wilkins. 277-282.

Veillon C., Patterson K.Y. 1999. *Analytical issues in nutritional chromium research.* Journal of Treace Elements in Experimental Medicine, 12, 99-109.

Vicent, B. J. 2000. *The Biochemistry of Chromium.* J. Nut, 130: 715-718.

Wallach S. 1985. *Clinical and biochemical aspects of chromium deficiency.* Journal of American Collage Nutrition, 4, 107-120.

IX. ANEXOS

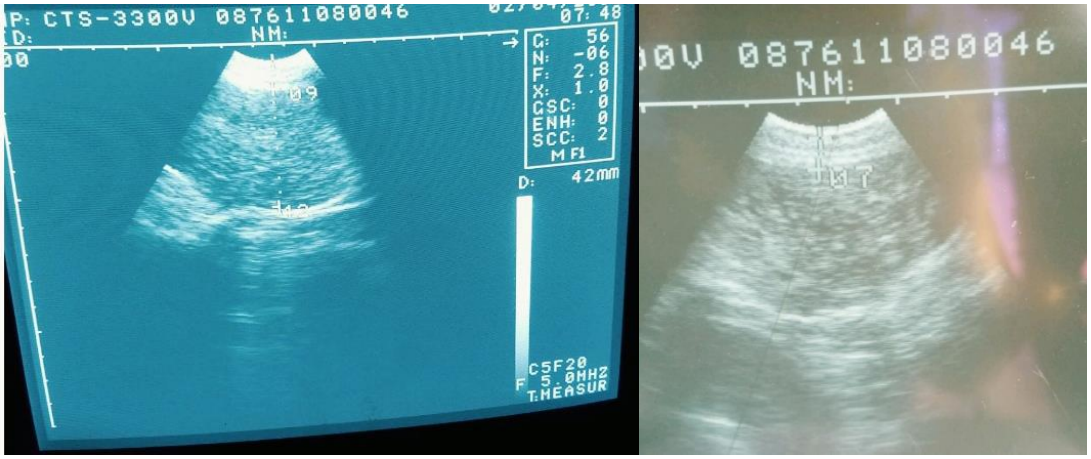
Anexo 1. Cerdos utilizados en el experimento.

Anexo 2. Aretes con colores determinados para cada experimento donde amarillo fue testigo, azul adición de picolinato de cromo y rojo de levadura adicionada con cromo.

Anexo 3. Picolinato de cromo.

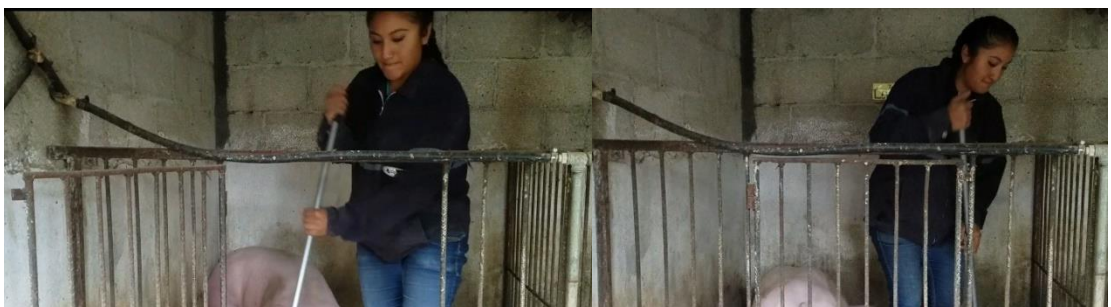
Anexo 4. Levadura adicionada con cromo.

Anexo 5. Equipo de ultrasonido modelo CTS-3300V.



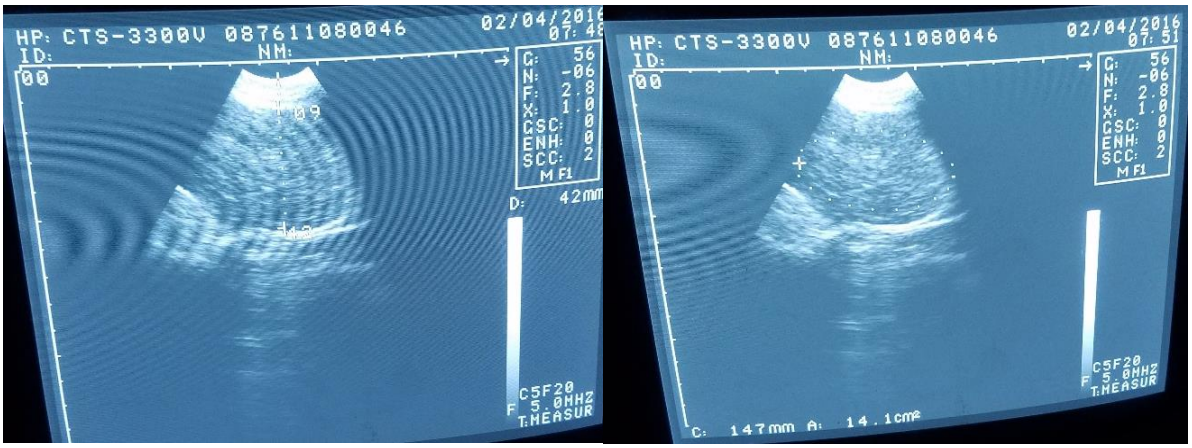
ANEXO 6. Mediciones con ultrasonido al inicio del experimento.

Anexo 7. Pesaje de cerdos al inicio del experimento primera etapa 50-75 kg.



Anexo 8. Limpieza de corrales.

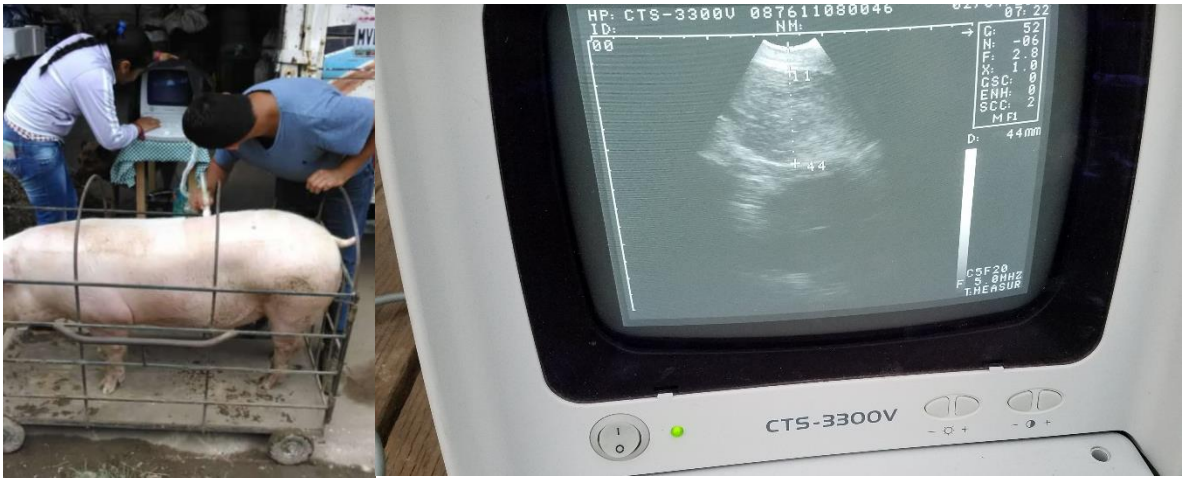
Anexo 9. Pesaje de la segunda etapa del experimento de 75-100 kg.



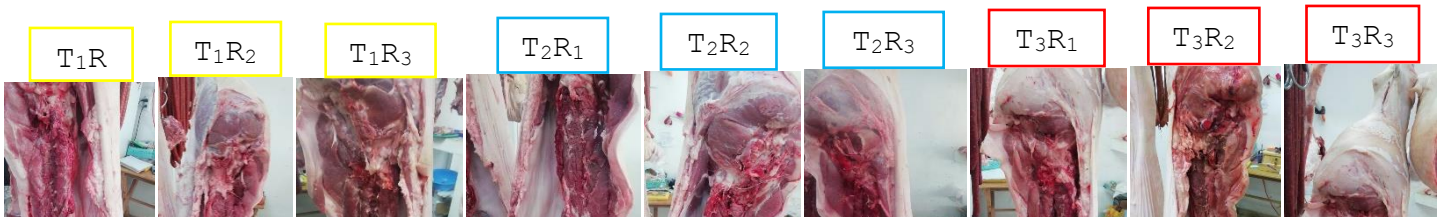
Anexo 10. Mediciones con ultrasonido para determinar parámetros de la canal finalizando la etapa de 50-75 kg.

Anexo 11. Mediciones en la etapa del experimento final.

Anexo 12. Última etapa del experimento 75-100 kg.



Anexo 13. Últimas mediciones con ultrasonido para determinar los parámetros de la etapa final.



ANEXO 14. Muestras de canales por tratamiento.

Cuadro 10. Peso vivo y peso muerto por tratamiento

Tratamiento	Pesos vivo	Peso en canal	Promedio
T_1R_1	100.5	80.57	
T_1R_2	105.5	83.67	**79.63**
T_1R_3	91.5	74.64	
T_2R_1	103.5	78.76	
T_2R_2	96.75	75.89	**78.15**
T_2R_3	102.25	79.80	
T_3R_1	105.5	80.42	
T_3R_2	101.5	80.65	**80.18**
T_3R_3	101	79.47	

Anexo 15. Cuadro de resultados obtenidos entre peso vivo y peso de la canal, donde se muestra que el T3 obtiene mayor ganancia en peso de la canal.

Anexo 16. Muestras de carne para determinar características físico-químicos.

Anexo 17. Muestra de obtención de pH de lomo y pierna

Anexo 18. Muestra de obtención de color en pierna y lomo

Anexo 19. Muestras para determinar capacidad de retención de agua