

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



TESIS

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE EXTRACTO DE TANINOS A LA DIETA EN
LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE CERDOS EN CRECIMIENTO-
FINALIZACIÓN**

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA

RUBÉN AGUIRRE MEZA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO

CO-DIRECTOR:

DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ

ASESORES:

MC. JUAN MANUEL ROMO VALDEZ

MC. HÉCTOR RAÚL GÜÉMEZ GAXIOLA

CULIACÁN, SINALOA; NOVIEMBRE DE 2015

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR RUBÉN AGUIRRE MEZA, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA; Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR DE TESIS

DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO

CO-DIRECTOR DE TESIS

DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ

ASESOR

MC. JUAN MANUEL ROMO VALDEZ

ASESOR

MC. HÉCTOR RAÚL GÜÉMEZ GAXIOLA

CULIACÁN, SINALOA; NOVIEMBRE DE 2015

DR. JORGE FABIO INZUNZA CASTRO
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
PRESENTE.-

Los abajo firmantes, miembros del Jurado de Grado, hacemos constar que la Tesis:

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE EXTRACTO DE TANINOS A LA DIETA EN
LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE CERDOS EN CRECIMIENTO-
FINALIZACIÓN**

Presentada como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias por el:

C. RUBÉN AGUIRRE MEZA

Ha sido revisada y considerando que cumple con los requisitos necesarios, se otorga el VOTO APROBATORIO, para ser impresa y defendida en el Examen de Grado en la fecha que la Universidad asigne para ello.

A t e n t a m e n t e

Culiacán, Sinaloa, 5 de noviembre de 2015.

MC. Héctor Raúl Güémez Gaxiola
Presidente

MC. Juan Manuel Romo Valdez
Secretario

Dr. Rubén Barajas Cruz
Vocal A

Dr. Javier Alonso Romo Rubio
Vocal B

AGRADECIMIENTOS

En lo académico le agradezco:

A la Universidad Autónoma de Sinaloa y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por facilitar sus instalaciones y permitirme realizar mis estudios profesionales en ella.

A la Maestría en Ciencias Agropecuarias por aceptarme en su programa. A sus profesores por dirigirme en la construcción del conocimiento y siempre tener buena disposición para resolver las dudas e inquietudes que me surgieron en el camino.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para mi proyecto de investigación con la beca otorgada.

A mis directores de tesis, el Dr. Javier Alonso Romo Rubio y Dr. Rubén Barajas Cruz, así como a mis asesores M.C. Juan Manuel Romo Valdez y M.C. Héctor Raúl Güémez Gaxiola por la paciencia, amistad, esfuerzo y confianza que me tuvieron durante esta etapa de formación. Siempre los consideraré como mis grandes maestros y amigos.

A la Granja Porcina la Huerta, tanto a sus directivos como a su personal, por permitirme utilizar las instalaciones y apoyarme durante la fase experimental de este trabajo.

En lo personal le agradezco:

A mi tía Brenda, por ser mi mayor apoyo en todo momento, y siempre inculcarme los valores necesarios para ser un hombre de bien. Mi madre siempre supo que quedaba en buenas manos.

A mi novia Iliana, por todo el amor y paciencia que ha tenido, además de sus consejos y sugerencias para que este sueño se concrete. Este logro también es tuyo.

A mis tíos Víctor y David, por siempre estar al pendiente de mis actividades y preocuparse por mi crecimiento personal.

A mis primos Tania, Nadine, Liliana, Leslia, Chanin, Adriana, Indira, Daniela y a mi hermana Alma, por siempre creer en mí y estar a mi lado en buenas y malas.

A la Familia Moncayo: en especial Víctor, Jony y Víctorín, quienes me recibieron en su hogar como un miembro más de su familia. Siempre les estaré agradecido.

A mis compañeros de maestría, en especial a Elmer Bonilla y Roberto Camacho, con quienes encontré gran química durante esas desveladas, tanto las de estudio como las de diversión.

A mi amigo Sergio, quien con sus consejos y acciones ha hecho de mí una mejor persona.

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Generalidades de los taninos.....	5
2.2. Clasificación de los taninos.....	6
2.2.1. Taninos hidrolizables.	6
2.2.2. Taninos Condensados.....	6
2.3. Forma de acción antimicrobiana de los taninos hidrolizables.	7
2.4. Efecto antioxidante de los taninos hidrolizables.....	7
2.5. Taninos y su efecto tóxico o depresor del consumo.	8
2.6. Respuesta al consumo adicional de taninos hidrolizables en la promoción del crecimiento animal.	8
III. HIPÓTESIS	10
IV. OBJETIVO GENERAL	11
4.1. Objetivos específicos	11
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
VIII. BIBLIOGRAFÍA	19

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Dietas experimentales para cerdos en las etapas de crecimiento y finalización.....	13
Cuadro 2. Condiciones climáticas prevalecientes durante el experimento.....	14
Cuadro 3. Influencia de la adición de extractos de taninos hidrolizables en el desempeño productivo de cerdos en crecimiento-finalización.	17

RESUMEN

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE EXTRACTO DE TANINOS A LA DIETA EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE CERDOS EN CRECIMIENTO-FINALIZACIÓN

Los taninos son compuestos con efecto antimicrobiano y antioxidante, que pueden mejorar el desempeño productivo de cerdos en engorda. El objetivo fue evaluar la respuesta productiva de los cerdos al consumo de alimento adicionado con taninos hidrolizables (TH). Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar; los tratamientos fueron: 1) dietas a base de maíz y pasta de soya, con aporte nutrimental de acuerdo a la etapa productiva (testigo); y 2) testigo más 0.2 % de extracto de TH (TH), los cuales se asignaron a 72 cerdos de 70 días de edad y 26.98 ± 4.26 kg de p.v., alojados en grupos de 3 hembras y 3 machos en 12 corraletas, considerando la corraleta como la unidad experimental. A los datos se les aplicó un ANDEVA ($p \leq 0.05$). Los cerdos de tratamiento TH, durante la fase de crecimiento (edad 70–119 d) tuvieron mejor ($p = 0.04$) ganancia diaria de peso (GDP) (0.802 vs. 0.680 kg), mayor ($p < 0.01$) consumo diario de alimento (CDA) (1.805 vs. 1.675 kg/d), y la conversión alimenticia (CA) no fue modificada ($p = 0.19$) (2.516 vs. 2.311 kg). En el periodo de finalización (edad 120 – 160 d) la GDP y CA no fueron afectadas ($p > 0.05$) por los tratamientos, mientras el CDA fue mayor ($p = 0.02$) en los cerdos que consumieron alimento adicionado con TH. Durante todo el periodo de estudio (edad 70 – 160 d), el consumo adicional de TH aumentó ($p < 0.01$) el CDA (2.093 vs. 1.858) y mejoró ($p = 0.06$) en 14.83% la GDP (0.782 vs. 0.681), en tanto que la CA no fue modificada ($p > 0.05$). Los resultados indican que el consumo de dietas suplementadas con 0.2% de extracto de TH mejora la ganancia de peso de los cerdos en crecimiento.

Palabras clave: cerdo, taninos hidrolizables, respuesta productiva.

ABSTRACT

INFLUENCE OF TANNIN EXTRACT ADDITION TO THE DIET ON PRODUCTIVE PERFORMANCE OF GROWING-FINISHING PIGS

Tannins are compounds with antimicrobial and antioxidant effect, which can improve the productive performance of fattening pigs. The objective was evaluated the productive response of pigs to food supplemented with hydrolysable tannins. The experimental design was randomized complete block; treatments were: 1) diets based on corn and soybean meal, with nutrient intake according to the production stage (control); and 2) control plus 0.2% extract of hydrolysable tannins (HT) which were assigned to 72 pigs of 70 days old and 26.98 ± 4.26 kg BW, housed in groups of 3 females and 3 males in 12 pens, considering the pen as the experimental unit. Recorded data were applied ANOVA ($p \leq 0.05$). Pigs consuming food supplemented with HT during the growth phase (age 70 – 119 d) had better ($p = 0.04$) ADG (0.802 vs. 0.680 kg) increased ($p < 0.01$) DFI (1.805 vs. 1.675 kg / d) and FCR was not changed ($p = 0.19$) (2.516 vs. 2.311 kg). In the period of finalization (age 120 - 160 d) the ADG and FCR were not affected ($p > 0.05$) by treatment, the DFI was higher ($p = 0.02$) in pigs diet intake supplemented with HT. During total period the study (age 70 – 160 d), the additional consumption of HT increased ($p < 0.01$) DFI (2.093 vs. 1.858) and improved ($p = 0.06$) ADG in 14.83 % (0.782 vs. 0.681), while the FCR was not modified ($p > 0.05$). The results indicate that the consumption of diets supplemented with 0.2 % TH extract enhances weight gain in growing pigs.

Keywords: pig, hydrolyzed tannin, growth performance.

I. INTRODUCCIÓN

Una alternativa para promover el crecimiento en los animales de granja es la adición de fitoquímicos y metabolitos secundarios de las plantas al alimento (Štukelj *et al.*, 2010), dentro de este grupo están los taninos; éstos son compuestos polifenólicos utilizados por las plantas como un mecanismo de defensa en contra de los depredadores (Játiva, 2011; Lasa *et al.*, 2012). Los taninos en altas concentraciones en el alimento disminuyen su consumo (Jansman, 1995); ésto se ha observado a niveles mayores al 5 % de la materia seca de la dieta (Otero e Hidalgo, 2004). La reducción en el consumo se debe a su sabor amargo y capacidad de unirse a las proteínas salivales y adherirse a la mucosa bucal (astringencia), disminuyendo la aceptación de la ración (Rodríguez, 2010; Lasa *et al.*, 2012). Sin embargo, a bajas concentraciones mejoran la ganancia de peso en conejos y pollos (Zoccarato *et al.*, 2008; Schiavone *et al.*, 2008), y la conversión alimenticia en pollos (Schiavone *et al.*, 2008). En los cerdos la respuesta al consumo adicional de extractos de taninos hidrolizables (TH) ha sido inconsistente (Stukelj *et al.*, 2010; Prevolnik *et al.*, 2012; Brus *et al.*, 2013).

Los taninos son capaces de formar complejos con las proteínas, carbohidratos, y enzimas digestivas, así como con las paredes celulares de las bacterias (Romero, 2000), inhibiendo su crecimiento; en este sentido, se ha observado una actividad bacteriostática y bactericida de los TH sobre *Pseudomona aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* (Trentin *et al.*, 2013; Chung *et al.*, 1993). La actividad antimicrobiana se debe a la interacción con las adhesinas, proteínas de la membrana celular, y a su capacidad de unión con los polisacáridos (Cowan, 1999); por su parte, Ortiz (2010) sugirió que los taninos forman complejos con la capa de polímeros celulares, penetrando a la célula por la pared en concentraciones suficientes para actuar sobre uno o más organelos e inhibir selectivamente la síntesis de la membrana. Los grupos fenólicos de los taninos se enlazan con las proteínas y fosfolípidos de la membrana externa de la pared celular, lo cual explica porque las bacterias Gram negativas son más resistentes que las Gram positivas a la acción de estos compuestos (Smith, 1975). Además se

les atribuye actividad antioxidante, ya que son capaces de captar radicales libres (Larkins, 1999), lo que es importante considerar para mejorar la respuesta productiva de animales criados de manera intensiva y bajo ambientes adversos (Huerta *et al.*, 2005).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta productiva de cerdos en crecimiento-finalización al consumo de alimento adicionado con taninos hidrolizables.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades de los taninos.

El término "tanino" fue utilizado originalmente para describir las sustancias de extractos vegetales utilizados para la conversión de pieles de animales en cuero estable (Jansman *et al.*, 1993). Se definen como compuestos polifenólicos producto del metabolismo secundario de las plantas, utilizado por éstas como un mecanismo de defensa en contra de los depredadores (Játiva, 2011; Lasa *et al.*, 2012). Son solubles en agua, alcohol y acetona, y tienen un peso molecular entre 500 y 30,000 Da (Játiva, 2011). Éstos compuestos tienen importancia en la nutrición animal por su propiedad química de formar complejos con numerosos tipos de moléculas, incluyendo: proteínas, carbohidratos, paredes celulares bacterianas y enzimas involucradas en la digestión (Romero, 2000).

Se encuentran en las vacuolas citoplasmáticas o en la pared celular de árboles y en especies forrajeras de climas templados, principalmente las leguminosas, y en otras especies como sorgo y maíz utilizadas en la alimentación del ganado (Lasa *et al.*, 2012; Otero e Hidalgo, 2004). También se encuentran en las frutas, siendo los responsables del sabor astringente de vinos y de frutas inmaduras; son los causantes del color de las flores y de las hojas en otoño (Min y Hart, 2003).

Se ha demostrado que los taninos son capaces de inhibir el crecimiento microbiano, y se ha observado que las bacterias Gram (+) son más sensibles que las Gram (-), debido a que poseen una gruesa capa de peptidoglicano, la cual al interactuar con los taninos, permite que éstos se ligen al plasmalema celular originando un daño más grave (Lasa *et al.*, 2012). Además, se les atribuye actividad antioxidante, ya que son capaces de captar radicales libres (Larkins, 1999), lo que es importante considerar para mejorar la respuesta productiva de animales criados de manera intensiva y bajo ambientes adversos (Huerta *et al.*, 2005).

2.2. Clasificación de los taninos.

Los taninos, de acuerdo a su estructura, se clasifican en taninos hidrolizables y taninos condensados (Hisanori *et al.*, 2001).

2.2.1. Taninos hidrolizables.

Son polímeros de ácidos esterificados, con una molécula central de glucosa o un polifenol como la catequina; estos compuestos pueden ser separados en sus productos por hidrólisis con ácidos o reacciones enzimáticas (Solano, 1997). Los taninos hidrolizables a su vez se subdividen en “Galotaninos” y “Elagiotaninos”. Los Galotaninos se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas leguminosas, su nombre se deriva porque entre los ácidos tánicos que contienen sobresale la proporción de ácido gálico (Hervás *et al.*, 200). Los Elagiotaninos, se localizan más comúnmente en componentes de la corteza y cubiertas endurecidas de las semillas de algunos árboles, los más representativos son los que se encuentran en el árbol del roble (*Quercus alba*), cuya madera es utilizada para la construcción de barricas destinadas al añejamiento de bebidas alcohólicas, las que extraen de la madera sabores característicos (Hervás, 2001). Los taninos hidrolizables son rápidamente degradados en grupos fenólicos más pequeños, incapaces de reaccionar con las proteínas del medio (Otero e Hidalgo, 2004).

2.2.2. Taninos Condensados.

También denominados proantocianidinas; son polímeros de hidroxiflavonoles (flavan-3-ol, flavan-3,4-diol), como la catequina, formados por flavonoides y unidos mediante enlaces de átomos de carbono; carecen del núcleo glucídico que caracteriza a los taninos hidrolizables (Lasa *et al.*, 2012). Los taninos condensados tienen en general un peso molecular mayor que los taninos hidrolizables, 1000 - 20,000 vs. 500 - 3000 Da (Hervás, 2001; Nogueira, 2011); no son fácilmente hidrolizables y tienden a polimerizarse en productos insolubles amorfos especialmente en presencia de ácidos minerales (Min y Hart, 2003). Los taninos condensados son los que se encuentran en forma más común en forrajes de leguminosas (Solano, 1997).

2.3. Forma de acción antimicrobiana de los taninos hidrolizables.

Se cree que la actividad antimicrobiana de estos compuestos se debe a su interacción sobre las adhesinas, proteínas de la pared celular de las bacterias, y a su capacidad de unirse a polisacáridos (Cowan, 1999). Los taninos forman complejos con la capa de polímeros celulares, penetrando a la célula por la pared celular en concentraciones suficientes para actuar sobre uno o más organelos, inhibiendo selectivamente la síntesis de la pared celular (Ortiz, 2010). Trentin *et al.* (2013) realizaron un estudio donde, con un tratamiento a base de extracto de taninos hidrolizables (ácido gálico) obtenido de la corteza de árboles (*Anadenanthera colubrina*, *Commiphora leptophloeos* y *Myracrodruon urundeuva*) observaron que el crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* se inhibió 9 horas después de la incubación, lo que sugiere una actividad bacteriostática. Otros estudios han demostrado un efecto bacteriostático o bactericida de los taninos hidrolizables contra *Staphylococcus aureus* (Chung *et al.*, 1993).

2.4. Efecto antioxidante de los taninos hidrolizables.

Dado que los radicales libres (RL) se producen en forma inevitable durante los procesos metabólicos, la célula ha desarrollado un poderoso y complejo sistema de defensa para limitar la exposición a estos agentes que reciben el nombre genérico de antioxidantes (Yu, 1994), los cuales pueden definirse como moléculas que previenen la formación descontrolada de RL (Chaudiere *et al.*, 1999); sin embargo, cuando existe un desequilibrio entre la generación de RL y la capacidad de defensa antioxidante, sin precisar si la alteración es por el incremento de radicales libres o por una disminución de la respuesta homeostática de los tejidos, se produce estrés oxidativo que trae consigo trastornos en los procesos celulares como el envejecimiento y el aumento de la apoptosis (Miller *et al.*, 1993; Lunec, 1996; Chuihuailaf *et al.*, 2002). Surge pues, interés sobre los TH, también por su poder antioxidante ya que actúan como captadores de radicales libres (Larkins, 1999). La captura de radicales libres peroxilos lipídicos la desarrollan en las membranas celulares y subcelulares (mitocondrial y retículo endoplásmico liso) y detiene la propagación de la peroxidación lipídica (Wang y Quinn, 1999).

2.5. Taninos y su efecto tóxico o depresor del consumo.

Cuando los taninos son ingeridos en altas cantidades pueden llegar a tener efectos negativos en la digestibilidad, en la salud de los animales y esporádicamente llegar a causar la muerte (Arévalo, 2008). La disminución del consumo se debe a que los taninos confieren un sabor amargo y a su efecto astringente al unirse a las proteínas salivales, así como a las membranas mucosas de la boca (Rodríguez, 2010; Lasa *et al.*, 2012). Estos efectos se tienen cuando los taninos se ofrecen en concentraciones del 5 – 10 % de la materia seca de la dieta (Otero e Hidalgo, 2004). Jansman (1995) informó que estos compuestos pueden disminuir el consumo de forraje y la digestibilidad de los nutrientes, y con ello reducir el rendimiento de los animales. El contenido de taninos varía con la especie vegetal, y también dentro de una misma planta, dependiendo de la estación, con valores de 1 % durante la época húmeda hasta el 37 % en la época seca; también pueden variar dependiendo del estado fisiológico de la planta (Araujo, 2008).

2.6. Respuesta al consumo adicional de taninos hidrolizables en la promoción del crecimiento animal.

Zoccarato *et al.* (2008) observaron que el consumo de alimento adicionado con 0.45 % de extracto de castaño rico en taninos hidrolizables, por conejos criados bajo condiciones de pleno verano, fue capaz de reducir la frecuencia de la enteropatía inespecífica y la consecuente mortalidad, sugiriendo que la inclusión de dicho extracto en la dieta puede utilizarse como alternativa natural a los antibióticos promotores del crecimiento; por su parte Schiavone *et al.* (2007), al ofrecer alimento adicionado con 0.20 % de extracto natural de castaño a pollos, observaron mejoras en el peso final, consumo diario, ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia; la mayor influencia del consumo adicional de taninos hidrolizables sobre el consumo y ganancia diaria de peso se observó en los primeros días del proceso de engorda. En la segunda mitad del ciclo de engorda los efectos fueron menos evidentes e incluso encontrándose con un efecto perjudicial en el grupo con mayor nivel de adición (0.25 %). En otro estudio

realizado con extracto natural de madera de castaño, para medir su influencia en la digestibilidad de la dieta, desempeño en el crecimiento, calidad de la canal y el balance de nitrógeno de los pollos, se observó que los pollos alimentados con 0.20 % de extracto de castaño tuvieron un mejor desempeño productivo (Schiavone *et al.*, 2008). Por su parte, Prevolnik *et al.* (2012) al adicionar extracto de castaño a un nivel 0.20 % en dietas para cerdos, encontraron mejoras del 3 % en el consumo de alimento y 5 % en el crecimiento. Brus *et al.* (2013), sugirieron que dietas adicionadas con 0.19% de taninos extraídos de castaño y 0.16 % de acidificante mejoran la ganancia diaria de peso y el índice de conversión alimenticia de cerdos durante el período de crecimiento y reducen la cantidad de *E. coli*. La mejor respuesta se observó en los cerdos de 23 a 82 días posdestete.

III. HIPÓTESIS

El consumo de dietas adicionadas con 0.2 % de extracto de taninos hidrolizables mejora el desempeño productivo de cerdos en crecimiento-finalización.

IV. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de la adición de extracto de taninos hidrolizables a la dieta en la respuesta productiva de cerdos en crecimiento-finalización.

4.1. Objetivos específicos

- 4.1.1. Medir la influencia de la adición de extracto de taninos hidrolizables a la dieta en el consumo diario de alimento.
- 4.1.2. Medir la influencia de la adición de extracto de taninos hidrolizables a la dieta en la ganancia diaria de peso.
- 4.1.3. Medir la influencia de la adición de extracto de taninos hidrolizables a la dieta en la conversión alimenticia.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante los meses de agosto a noviembre de 2014 en la Unidad Experimental para Cerdos de Engorda de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ubicada en la granja porcina “La Huerta”, localizada en Culiacán, Sinaloa, con coordenadas geográficas: 24° 49' 38" latitud Norte y 107° 22' 47" longitud Oeste, con una altitud de 60 msnm; el clima se clasifica como semiseco muy cálido (BS1(h')), con temperatura media anual de 24.9° C, con máximas de 45° C en los meses de julio y agosto y mínimas de 7° C en diciembre y enero; la precipitación pluvial es de 671.4 mm, con precipitaciones máximas en los meses de julio, agosto y septiembre. Durante el periodo de estudio, las temperaturas mínimas y máximas promedio registradas fueron 23 y 34.5 °C, respectivamente; y la humedad relativa promedio fue de 70 %.

Diseño experimental. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar (Steel y Torrie, 1985).; los tratamientos fueron: 1) dietas a base de maíz y pasta de soya, con aporte nutrimental de acuerdo a etapa productiva (testigo; Cuadro 1), y 2) testigo más 0.2 % de extracto de taninos hidrolizables (TH), los que se asignaron a 72 cerdos de 70 días de edad y 26.98 ± 4.26 kg de p.v., alojados en grupos de 3 hembras y 3 machos en 12 corraletas, considerando la corraleta como la unidad experimental. El extracto de taninos hidrolizables de castaño (*Castanea sativa*) fue proporcionado como Nurti-P® (Silva Feed, Palermo, Italia).

Manejo de los animales. Los cerdos, pesados e identificados fueron alojados en corraletas, cada una con un espacio de 10.5 m² (7 x 1.5 m) que incluyó 1.5 m² de charca, con piso de concreto y totalmente techadas, equipadas con comedero de plástico tipo tolva y bebedero de chupón integrado. Los cerdos tuvieron acceso permanente a agua de bebida y alimentación a libre acceso.

Mediciones. El alimento servido en cada corraleta se registró diariamente. Los cerdos se pesaron al inicio del estudio (70 días de edad), a los 49 días (fin de etapa de crecimiento) y 90 días (fin de etapa de finalización), después de iniciado el experimento. Con la información de consumo diario de alimento y ganancia diaria de peso se obtuvo la conversión alimenticia.

Cuadro 1. Dietas experimentales para cerdos en las etapas de crecimiento y finalización.

Ingrediente (% en la dieta)	Crecimiento	Finalización
Maíz	74.3	79.7
Pasta de soya	22.1	17.8
Aceite	1.1	0.5
Mic Crecimiento LP VIMIFOS® ¹	2.5	-
Mic Desarrollo LP VIMIFOS® ¹	-	2.0
	100 %	100 %
Análisis calculado		
E.M.(Mcal/Kg)	3.357	3.356
Proteína (%)	17.210	15.580
Lisina (%)	1.043	0.892
Fibra (%)	2.521	2.527
Fósforo tot. (%)	0.543	0.455
Calcio (%)	0.629	0.530

¹Microconcentrados Crecimiento y Desarrollo Lean Performance VIMIFOS, contienen: vitamina A, vitaminas del complejo B, Biotina, Colina, vitamina D₃, vitamina E, vitamina K, carbonato de calcio, fosfato monodivalente, sal, Cu, Fe, Mn, Se, I, Zn, Aminoácidos sintéticos (Lisina y Treonina) y enzimas (fitasas).

Medición de las condiciones climáticas. Los datos de temperatura (t, °C) y humedad relativa del aire (HR, %) que prevalecieron durante cada uno de los días que duró el experimento fueron tomados de la estación meteorológica más

cercana (2 km). Con los datos de t y HR se calculó el Índice de Temperatura y Humedad (THI) con la fórmula: $THI = [0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{ de humedad relativa}/100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader *et al.*, 2006). El código de interpretación del THI es: Normal $THI < 74$; Alerta $75 < THI < 78$; Peligro $79 < THI < 83$; y Emergencia $THI > 84$.

Análisis estadístico. A los datos de consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, obtenidos durante la fase de crecimiento y finalización, así como en todo el periodo de prueba, se les aplicó un ANDEVA (Steel y Torrie, 1985), se consideró a cada corral como la unidad experimental y se fijó un valor de alfa ≤ 0.05 para aceptar diferencia estadística.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los indicadores de las condiciones climáticas prevalecientes durante el experimento se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Condiciones climáticas prevalecientes durante el experimento.

Variables	Etapas					
	Crecimiento		Finalización		Experimento Completo	
	Media	DE ¹	Media	DE ¹	Media	DE ¹
Temperatura, °C						
Mínima	23.7	2.0	22.1	1.8	23.0	2.1
Máxima	35.3	1.9	35.5	2.3	35.4	2.1
Media	30.2	1.4	30.0	1.4	30.1	1.4
Humedad relativa, %	72.6	5.2	66.9	6.0	70.0	6.2
THI	82.03		80.83		81.47	

¹Desviación estándar.

La influencia de la adición de extractos de taninos hidrolizables en el desempeño productivo de cerdos en crecimiento-finalización se presenta en el Cuadro 3.

Durante la fase de crecimiento que contempla del día 1 al día 49 de prueba (70 a 119 de edad), la adición de 0.2 % de extracto de TH mejoró la ganancia diaria de peso (GDP) en 17.94 % ($p = 0.04$); el efecto benéfico de la adición de los extractos de TH en la dieta de los monogástricos es atribuible a una disminución en la carga microbiana a nivel intestinal (Schiavone *et al.*, 2008). Por su parte Brus *et al.* (2013), observaron una mayor proporción de bacterias ácido lácticas y una disminución de *E. coli* y *Campylobacter sp* en el intestino de cerdos alimentados con dietas conteniendo 0.19 % de TH. También se ha señalado que los TH tienen efectos bacteriostáticos y bactericidas sobre *Pseudomona aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* (Chung *et al.*, 1993; Trentin *et al.*, 2013); los resultados obtenidos durante la fase de crecimiento son similares a los obtenidos por Brus *et al.* (2013), quienes observaron un incremento del 11.49 % en la GDP en cerdos con edades cercanas a las del presente trabajo (82 a 127 días de edad), que consumieron dietas suplementadas con 0.19 % de TH, sin embargo dichos animales se mantuvieron bajo ambiente controlado por termostato. Por otro lado, Stukelj *et al.* (2010), sugirieron que el consumo de alimento con 0.15 % de TH no beneficia la GDP en cerdos de 49 a 70 días de edad.

El consumo diario de alimento (CDA) fue 7.76 % mayor en los cerdos que consumieron dietas adicionadas con extracto de TH ($p < 0.01$), pero al calcular el consumo expresado como proporción del peso vivo, no se encontró diferencia estadística, lo que puede explicar que los cerdos del tratamiento TH hayan consumido mayor cantidad de alimento debido a que eran animales de mayor peso corporal. La conversión alimenticia (CA) en esta fase, no fue modificada ($p = 0.19$) por la adición de 0.2 % de TH; resultados similares se obtuvieron con la inclusión de 0.19 % y 0.20 % de extractos de TH en dietas para cerdos (Brus *et al.*, 2013; Prevolnik *et al.*, 2012).

Durante la fase de finalización, considerada del día 50 al 90 de la prueba (120 a 160 días de edad) la GDP y CA no fueron modificadas por el tratamiento, pero el CDA de los cerdos suplementados con TH fue mayor ($p = 0.02$) en 17.4 %, sin

embargo, esto se debió al mayor peso con que iniciaron los cerdos esta etapa. El mismo comportamiento se observó en esta variable al analizar el periodo completo de estudio (70 a 160 días de edad).

Los resultados de todo el periodo de prueba (70 a 160 días de edad) muestran que los cerdos que consumieron alimento adicionado con extracto de TH tuvieron una mejora ($p = 0.06$) del 14.83 % en la GDP. En un estudio, Prevolnik *et al.* (2012) no observaron modificaciones en la GDP de cerdos de engorda (de 30 a 100 kg de p.v.) usando dietas adicionadas con 0.20 % de extracto de TH.

De acuerdo con la interpretación de la escala de resultados del THI (Normal THI < 74; Alerta 75 < THI < 78; Peligro 79 < THI < 83; y Emergencia THI > 84), los valores de THI que oscilaron entre 80 y 82, indican que los animales a lo largo de todo el experimento se encontraron en una situación de peligro debido al estrés térmico a que estuvieron sujetos. Los cerdos tienen una zona de termoneutralidad de 12 a 24 °C (Quiniou *et al.*, 2001), por lo que ambientes con temperaturas y humedades relativas elevadas, predisponen a los cerdos a sufrir estrés agudo (Rubio, 2014), ocasionando un incremento en la producción de radicales libres (Miller *et al.*, 1993). De manera normal, los organismos tienen una red antioxidante que los protege de los efectos nocivos de los radicales libres (Chihuahailaf *et al.*, 2002); sin embargo, cuando existe un desequilibrio entre la generación de éstos y la capacidad de defensa antioxidante, se produce estrés oxidativo, que trae consigo trastornos en los procesos celulares (Miller *et al.*, 1993; Chihuahailaf *et al.*, 2002); durante el experimento la temperatura ambiental promedio registrada fue de 30.1°C, sin embargo al combinar esta temperatura con la humedad relativa promedio, que fue de 70%, el índice de temperatura y humedad resultante fue de 81.5, valor considerado como de peligro por estrés calórico para los animales (Mader *et al.*, 2006), lo que pudo inducir un aumento en la peroxidación. Varios autores (Larkins, 1999; Loh *et al.*, 2005; Gulcin *et al.*, 2010; Maqsud *et al.*, 2012) señalan la capacidad de los taninos hidrolizables para actuar como antioxidantes biológicos, captando los radicales libres en la membrana celular, mitocondrial y en retículo endoplásmico liso; por lo que se asume que en

el presente experimento pudieron haber contribuido a disminuir el estrés oxidativo en los cerdos.

Cuadro 3. Influencia de la adición de extractos de taninos hidrolizables en el desempeño productivo de cerdos en crecimiento-finalización.

Variable	Tratamientos		EEM ¹	Valor de p
	Testigo	TH		
Peso vivo, kg				
Día1	26.85	26.82	0.139	0.92
Día 49	60.18	66.11	1.527	0.05
Día 90	88.17	97.17	2.610	0.06
Ganancia diaria de peso, kg				
Días 1 a 49	0.680	0.802	0.030	0.04
Días 50 a 90	0.683	0.758	0.034	0.18
Días 1 a 90	0.681	0.782	0.029	0.06
Consumo diario, kg				
Días1 a 49	1.675	1.805	0.012	< 0.01
Días 50 a 90	2.078	2.440	0.069	0.02
Días 1 a 90	1.858	2.093	0.029	< 0.01
Consumo de alimento, % de PV ²				
Días 1 a 49	3.84	3.89	0.069	0.68
Días 50 a 90	2.79	3.00	0.069	0.07
Días 1 a 90	3.23	3.38	0.039	0.03
Conversión alimenticia (Kg/Kg)				
Días 1a 49	2.460	2.261	0.092	0.19
Días 50 a 90	3.071	2.339	0.078	0.20
Días 1 a 90	2.726	2.680	0.074	0.68

¹ Error estándar de la media, ²Peso vivo

VII. CONCLUSIONES

El consumo de dietas adicionadas con 0.2 % de extracto de taninos hidrolizables mejora la ganancia de peso y el consumo de alimento de cerdos. El mayor efecto se observó durante la fase de crecimiento, en tanto que no se modifica la respuesta productiva de los cerdos en finalización.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Araujo F. O. Ganadería bovina de doble propósito: Factores antinutricionales en los alimentos para ganado vacuno. En Fundación GIRARZ. C. González-Stagnaro, N. Madrid Bury, E. Soto Belloso (eds). 2008. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo-Venezuela. Cap. XXXIV: pp. 410: 421
- Arévalo L.P. Taninos condensados en especies forrajeras y sus efectos en la productividad animal. 2008. Revista Electrónica Nutritime 5:584-591.
- Brus M., J. Dolinšek, A. Cenčič and D. Škorjanc. 2013. Effect of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood tannins and organic acids on growth performance and fecal microbiota of pigs from 23 to 127 days of age. Bulg. J. Agric. Sci., 19: 841-847
- Chaudiere J., R. Ferrari-Illou. 1999. Intracellular antioxidants: from chemical to biochemical mechanisms. Food Chem Toxicol 37: 949-962.
- Chuihuailaf R. H., P. A. Contreras, F. G. Wittwer. 2002. Pathogenesis of oxidative stress: consequences and evaluation on animal health. Vet. Mex. 33: 265-283
- Chung K.T., S. E. Stevens, W. F. Lin, C. I. Wei. 1993. Growth inhibition of selected food-borne bacteria by tannic acid, propyl gallate and related compounds. Letters in Applied Microbiology 17: 29–32.
- Cowan, M. Plant Products as antimicrobial agents. 1999. Clinical Microbiological Reviews. 12: 564 – 582.
- Gulcin I., Z. Huyut, M. Elmastas, H. Y. About-Enein. 2010. Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. Arabian Journal of Chemistry 3:43:53.
- Hervás G. 2001. Los taninos condensados de quebracho en la nutrición de ovejas. Efecto sobre la fermentación en el rumen y la digestibilidad, toxicidad y utilización como protectores frente a la degradación ruminal. Tesis de Doctorado. Universidad de León, España.

- Hisanori A., F. Kazuyasu, Y. Osamu, O. Takashi, I. Keili. 2001. Antibacterial action of several tannins against *Staphylococcus aureus*. Journal of antimicrobial chemotherapy 48:487-491.
- Huerta J. M., C. M. E. Ortega, P. M. Cobos, H. J. G. Herrera, C. A. Díaz, P. R. Guinzberg. 2005. Estrés oxidativo y el uso de antioxidantes en animales domésticos. Rev. de Cien. y Tec. de Am. 30: 728-734.
- Jansman A. J., M. W. Verstegen, J. Huisman and J. W. Van den Berg. 1995. Effects of hulls of faba beans (*Vicia faba* L.) with a low or high content of condensed tannins on the apparent ileal and fecal digestibility of nutrients and the excretion of endogenous protein in ileal digesta and feces of pigs. Journal of Animal Science 73:118-127.
- Jansman A. J. M. 1993. Tannins in feedstuffs for simplestomached animals. Nutrition Research Reviews. 6:209-236
- Játiva S. D. 2011. Determinación del contenido de tanino procedente del guarango (*Caesalpinea spinosa*) y evaluación de su uso como fungicida. Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Larkins N. J. 1999. Free radical Biology and Pathology. J. Equine Vet Sci.19:84-89.
- Lasa, J., C. Mantecón y M.A. Gómez. 2012. Utilización de taninos en la dieta de rumiantes. Portal Veterinaria PV albéitar, España. Disponible en:<http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/9476/ARTICULOS-NUTRICION-ARCHIVO/Utilizacion-de-taninos-en-la-dieta-de-rumiantes.html>
- Loh S. P., O. Hishamuddin, A. Abdul Salam, D. Rehir, I. Maznah. 2005. The effect of Calcium, Ascorbic Acid and Tannic Acid on Iron. Malays J. Nutr. 11:177-188.
- Mader T. L., M. S. Davis, and T. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle J. Anim. Sci. 84:712-719.
- Miller J. K., E. Brzezinska-Slebodzinska, and F.C. Madsen. 1993. Oxidative stress, antioxidants, and animal function. J. Dairy Sci. 76:2812-2823.
- Min B. R. and S. P. Hart. 2003. Tannins for suppression of internal parasites. Journal of Animal Science 81:102-109.

- Maqsood S., S. Benjakul, A. K. Balange. 2012. Effect of tannic acid and kiam wood extract on lipid oxidation and textural properties of fish emulsion sausages during refrigerated storage. *Food Chem.* 130:408-416.
- Nogueira S. C. 2011. Suplementación con mezcla comercial de taninos de quebracho y castaño en vacas lecheras [en línea]. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/suplementacion-mezcla-comercial-taninos-quebracho.pdf>.
- Ortiz C. M. 2010. Mecanismos de acción de las plantas ricas en taninos sobre la población adulta de nematodos gastrointestinales de los pequeños rumiantes. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Otero, M.J. y L.G. Hidalgo. 2004. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales. *Sitio Argentino de Producción Animal* 16:1-11.
- Prevolnik M., M. Škrlep, M. Brus, C. Pugliese, M. Čandek-Potokar, D. Škorjanc. 2012. Supplementing pig diet with 0.2% sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood extract had no effect on growth, carcass or meat quality. *Acta Agriculturae Slovenica, Supplement* 3:83–88.
- Quiniou N., J. Noblet, J. van Milgen, S. Dubois. 2001. Modelling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to low or high ambient temperatures. *Br. J. Nutr.* 85: 97–106
- Rodríguez D. L. V., U. B. Valdivia, C. Juan, E. J. C. Contreras, H. R. Rodríguez, N. Cristóbal y C. N. Aguilar. 2010. Química y biotecnología de la tanasa. *Acta Química Mexicana*. Año 2, No. 4
- Romero C. E. 2000. Efecto del pastoreo con ovinos sobre la concentración de taninos condensados en *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp en el trópico seco. Tesis de Maestría. Universidad de Colima. Colima, México.
- Rubio G. A. 2014. Caracterización del daño oxidativo y de la autofagia por estrés a lo largo de la maduración de la carne de cerdo. Tesis de maestría en biotecnología alimentaria. Universidad de Oviedo, España.

- Schiavone A., K. Gu, S. Tassone, L. Gasco, V. Malfatto, I. Zoccarato. 2007. Use of natural extract of chestnut (Silvafeed ENC®) in broiler feeding: effect on growth performance. *Italian Journal of Animal Science* 6: 731-733.
- Schiavone A., K. Guo, S. Tassone, L. Gasco, E. Hernandez, R. Denti, I. Zoccarato. 2008. Effects of a Natural Extract of Chestnut Wood on Digestibility, Performance Traits, and Nitrogen Balance of Broiler Chicks. *Poultry Science* 87:521-527.
- Smith D.G. 1975. Inhibition of searing in *Proteus* spp by tannic acid. *Journal of Applied Bacteriology*, 38:29-32
- Solano V. H. 1997. Efecto de diferentes concentraciones de taninos sobre la flora microbiana ruminal y en la degradabilidad *in vitro* del forraje de alfalfa. Facultad de Agronomía. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Štukelj M., Z. Valenčak, M. Krsnik, A. N. Svete. 2010. The effect of the combination of acids and tannin in diet on the performance and selected biochemical, haematological and antioxidant enzyme parameters in grower pigs. *Acta Vet Scand* 52:19-27.
- Trentin D. S., D. B. Silva, M. W. Amaral, K. R. Zimmer, M. V. Silva, N. P., Lopez, R. B. Giordani, A. J. Macedo. 2013. Tannins possessing bacteriostatic effect impair *Pseudomonas aeruginosa* adhesion and biofilm formation. *Plos One* 8:1-7
- Wang X., P. J. Quinn. 1999. Vitamin E and its function in membrane. *Progress Lipid Res.* 38:309-336.
- Yu B. P. 1994. Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. *Physiol. Rev.* 74 (1):139-162.
- Zoccarato I., L. Gasco, A. Schiavone, K. Guo, P. Barge, L. Rotolo, G. Savarino, G. Masoero. 2008. Effect of extract of chestnut wood inclusion in normal and low protein aminoacid supplemented diets on heavy broiler rabbits. 9th World Rabbit Congress. Verona, Italy.