

**DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE CONEJOS ALIMENTADOS CON DIETAS
CON DISTINTO CONTENIDO DE ALMIDÓN Y SUPLEMENTADOS CON
ÁCIDOS ORGÁNICOS EN EL AGUA DE BEBIDA**

por

César Enrique Ocasio Vega

Tesis sometida en cumplimiento parcial
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

INDUSTRIA PECUARIA

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2014**

Aprobada por:

Raúl E. Macchiavelli, Ph. D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

José R. Latorre, Ph. D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Ernesto O. Riquelme, Ph. D.
Presidente del Comité Graduado

Fecha

María de L. Plaza, Ph. D.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

José R. Latorre, Ph. D.
Director del Departamento

Fecha

ABSTRACT

The experiment was conducted in order to evaluate the productive performance of growing rabbits fed diets of different starch content and supplemented with organic acids in the drinking water. Forty-eight New Zealand White rabbits (averaging seven weeks old and 800 g live weight) were distributed, by sex, into 24 elevated cages and randomly assigned to the experimental treatments that consisted in two diets of high (AA) or low (BA) starch content and either none (AG), acetic (0.75 %, Ac) or citric (0.75 %, Ct) acids as additives in the drinking water. The experiment lasted 49 days. Data were collected on weight gain, feed intake, feed conversion, carcass weight, dressing percentage, liver weight, stomach weight and pH, cecal weight and pH, and dry matter percentage of stomach, cecal and rectal contents. The experiment was statistically evaluated as a 2 (diets) x 3 (additives in the drinking water) factorial arrangement of treatments. There was no mortality or gastrointestinal disorders during the experiment. Daily gains, feed intake, feed conversion, carcass weight, dressing percentage, liver weight, stomach weight, and cecal weight were not affected by treatments. Citric acid increased dry matter of the stomach content and decreased dry matter of the cecal content. There were several, almost significant, diet x additive interactions that deserve further investigation.

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar los efectos del contenido de almidón en la dieta y de la suplementación con ácidos orgánicos en el agua de bebida sobre el desempeño productivo de conejos en crecimiento. Se utilizaron cuarenta y ocho conejos Nueva Zelandia Blancos (promediando 7 semanas de edad y 800 g de peso vivo) distribuidos, por sexo, en 24 jaulas elevadas y aleatoriamente asignados, dentro de sexos, a los tratamientos experimentales que consistieron en proveer dos dietas con alto (AA) o bajo (BA) contenido de almidón y ninguno (AG), ácido acético (AC, 0.75 %) o ácido cítrico (CT, 0.75 %) como aditivos en el agua de bebida. El experimento tuvo una duración de 49 días y se obtuvieron datos de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, peso y rendimiento en canal, peso del hígado, estómago y ciego, pH del estómago y ciego y materia seca del contenido estomacal, cecal y rectal. El experimento se evaluó estadísticamente de acuerdo a un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2 (dietas) x 3 (aditivos en el agua) de tratamientos. Durante el transcurso del experimento, no hubo mortalidad de animales y tampoco se observaron trastornos gastrointestinales. No hubo efectos de tipo de concentrado ni de aditivo en el agua sobre ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, peso de la canal, rendimiento en canal y pesos del hígado, estómago y ciego. La suplementación con ácido cítrico aumentó la materia seca del contenido estomacal y disminuyó la del contenido cecal. Se observaron varias interacciones

entre dieta y aditivos que se acercaron al nivel de significancia, que ameritan ser investigadas con mayor detalle.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a estas personas que sin importar las circunstancias siempre me han apoyado en el camino de mi vida. Han estado ahí para mi, para celebrar mis logros y brindarme la mano en mis caídas. Los que saben qué decir y cuándo decirlo, para incitar a uno a lograr estas metas. Que desde un principio han creído en este ser humano y sus proyectos profesionales personales.

Principalmente mi madre Sheilah H. Vega Santiago, que siempre ha estado presente para simplemente escuchar y brindar opiniones sabias, las cuales me hacen hoy el hombre que soy. A mi padre César L. Ocasio Ramírez, causante principal de que yo escogiera la carrera de estudio en la que me desenvuelvo, ya que él, como agrónomo, ha logrado implantar una imagen de la agricultura en todos sus aspectos, la cual me ha servido como modelo para desarrollar varias de mis metas profesionales y personales.

A mis hermanos Luis y Mónica Ocasio Vega, mis abuelos Aida Luz Ramírez Zapata, Dinorah Santiago Rosado y Enrique Vega Gutiérrez, mi novia Fabiola Z. Cruz Ramos, he aquí el fruto de todas esas veces que me decían, continúa, tú tienes el potencial para eso y mucho más.

Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos, a todas esas personas que de una forma u otra, han sido parte de este proyecto.

Al Dr. Ernesto Riquelme, quién me ha dirigido y ayudado en todo el proceso. A los miembros de mi comité graduado, Dr. Raúl Macchiavelli y Dr. José Latorre, por formar parte integral en el desarrollo de este trabajo. También a la Agro. Claudia P. Olaya quien me brindó todo lo necesario en la Granja Experimental Agrícola de Lajas, para que se pudiera realizar y finalizar el proyecto.

A la Federación de Asociaciones Pecuarias de Puerto Rico por su apoyo y colaboración para realizar la presente investigación a través de la donación del alimento utilizado.

A todos esos estudiantes, amigos y conocidos, que si menciono uno por uno, no me daría el papel, que colaboraron en el proceso y fases de la investigación.

Mis más sinceras gracias para todos.

TABLA DE CONTENIDO

Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras	ix
Introducción	1
Revisión de Literatura	5
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	5
Fisiología digestiva	6
Fuentes de energía	9
Aditivos para prevenir trastornos intestinales	11
Metodología Experimental	15
Generalidades	15
Tratamientos y variables estudiadas	15
Análisis estadístico	17
Resultados y Discusión	18
Generalidades	18
Desempeño productivo.....	19
Rendimiento en canal	22
Órganos internos	24
Conclusiones	34
Bibliografía	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Descripción de las dietas experimentales (Base Seca)	16
Tabla 2	Promedios de consumo de agua, según aditivo, a través de las siete semanas de experimentación	18
Tabla 3	Promedios y errores estándar de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de los animales según tipo de concentrado y aditivo en el agua de bebida	20
Tabla 4	Promedios y errores estándar de peso vivo final, peso de la canal y rendimiento en canal según tipo de concentrado y aditivo en el agua de bebida	22
Tabla 5	Promedios y errores estándar de peso del hígado y peso del hígado expresado como porcentaje del peso vivo según tipo de concentrado y aditivo en el agua de bebida	24
Tabla 6	Promedios y errores estándar de peso del estómago lleno, vacío y del contenido estomacal según tipo de concentrado y aditivo en el agua de bebida	26
Tabla 7	Promedios y errores estándar del peso del ciego lleno, vacío y peso del contenido cecal según tipo de concentrado y aditivo en el agua de bebida	28
Tabla 8	Promedios y errores estándar de materia seca del contenido estomacal, cecal y rectal, según el tipo de concentrado y aditivo en el agua de bebida.....	30
Tabla 9	Promedios y errores estándar de las medidas de pH del contenido estomacal y cecal según el tipo de concentrado y aditivo en el agua de bebida	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Conversión alimenticia de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida	21
Figura 2	Rendimiento en canal (%) de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida	23
Figura 3	Peso del estómago, expresado como porcentaje del peso vivo, de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida	27
Figura 4	Peso del ciego, expresado como porcentaje del peso vivo, de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida	29
Figura 5	Materia seca (%) del contenido estomacal de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida	31
Figura 6	Materia seca (%) del contenido rectal de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida	31
Figura 7	Valores de pH del contenido cecal de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida	33

INTRODUCCIÓN

La cunicultura, como práctica pecuaria, se realiza en muchas partes del mundo, distinguiéndose los países europeos como los principales productores y consumidores. En Puerto Rico, esta empresa tiene, relativamente, poca importancia comercial, pero existe un gran número de pequeños productores que no son contabilizados en las estadísticas oficiales de producción agropecuaria.

La crianza de conejos a pequeña escala tiene un alto potencial como proveedor de ingreso adicional a familias rurales debido a que el conejo es un animal de pequeño tamaño, dócil, no hace ruido, es de bajo costo de adquisición, tiene una alta tasa reproductiva y porque pueden ser criados con alimentos (forrajes) que no son utilizados por otras especies menores. Además, la carne de conejo se caracteriza por su bajo contenido de grasa y colesterol, lo que la hace atractiva para un amplio segmento de la población humana.

Los cunicultores de Puerto Rico enfrentan serios problemas para expandir sus explotaciones. Entre los problemas más importantes se cuentan el alto costo de los alimentos comerciales, los diversos problemas sanitarios (especialmente gastro-intestinales), el ambiente climático adverso, la escasez de reproductores de calidad y el deficiente mercadeo del producto.

Los alimentos concentrados disponibles comercialmente, aparte de su alto costo, no ofrecen la variedad necesaria para la alimentación adecuada de los animales según sus estados fisiológicos y requerimientos nutricionales específicos. Parte de este problema se debe a la baja disponibilidad y el elevado

costo de los insumos alimenticios (ingredientes) en el mercado mundial y a la dependencia de la importación de los ingredientes utilizados en la formulación de las dietas. Estos problemas no permiten la inclusión de ingredientes que se utilizan comúnmente en la alimentación de conejos en otros países.

El conejo es un animal herbívoro no rumiante y puede desarrollarse exclusivamente a base de forrajes. Sin embargo, el crecimiento que se obtiene con este tipo de alimentación, especialmente si se utilizan forrajes tropicales, es relativamente lento y los animales no llegan al peso de mercado antes de los cinco meses de edad. Para acelerar el crecimiento, las dietas comerciales incorporan ingredientes que aumentan su contenido de energía, lo que permite que los animales crezcan a ritmos más acelerados, cuya magnitud depende de la composición de la dieta y de la cantidad de alimento proporcionada diariamente.

Aunque la capacidad del conejo para digerir los carbohidratos estructurales presentes en los alimentos no sobrepasa el 20 % (Lebas, 2004), las dietas para conejos deben incluir un mínimo de 14 - 15 % de fibra bruta. Este requerimiento no es de tipo nutricional y obedece al papel que juega la fibra en el mantenimiento del ambiente intestinal (Gidenne, 1997; Carabaño *et al.*, 1997). Dietas bajas en fibra se asocian con una mayor incidencia de diarreas mucoides (Gidenne, 1997) que pueden llegar a ser mortales. Esta característica de la fisiología digestiva del conejo limita la incorporación de ingredientes con alto contenido de almidón para elevar el contenido de energía metabolizable y, como consecuencia, mejorar los índices de crecimiento.

Otro problema asociado a un alto contenido de almidón en las dietas es una mayor incidencia de patologías entéricas, como por ejemplo la enterotoxemia y la enteritis epizootica del conejo. Ambas patologías están relacionadas con la proliferación de microorganismos patógenos en el intestino grueso, específicamente algunas sub-especies de *Clostridium perfringens* y de *Escherichia coli*, y suelen presentarse con mayor frecuencia en conejos recién destetados, momento en que los animales están estresados y su sistema digestivo no es completamente funcional (Licois *et al.*, 2000). Por tanto, para los nutricionistas se presenta el desafío de formular dietas que contengan una cantidad suficiente de energía metabolizable para que los animales exhiban una buena tasa de crecimiento y que, a la vez, disminuyan la incidencia de trastornos digestivos.

En otras especies, como cerdos, se presenta un fenómeno parecido y se minimiza con el uso de antibióticos (Doyle, 2001). Sin embargo, la mayor parte de los antibióticos comunes para uso animal no son recomendables para conejos. Además, en la actualidad existe una tendencia generalizada a disminuir el uso de antimicrobiales a bajas dosis como preventivos de trastornos intestinales y, a corto plazo, eliminarlos completamente como preventivos y utilizarlos únicamente como medidas curativas.

Como alternativa al uso de antibióticos como medidas preventivas, en los últimos años han proliferado las investigaciones relacionadas con la adición de ácidos orgánicos a las dietas, principalmente las de cerdos y aves, con

resultados algo contradictorios (Kim *et al.*, 2005). Se ha propuesto que la adición de ácidos orgánicos a las dietas mejora el desempeño productivo de los animales porque reducen el pH estomacal (favoreciendo la acción de las enzimas proteolíticas) y la tasa de vaciado del estómago. Además, controlan la proliferación de microorganismos potencialmente patógenos en el intestino grueso y, una vez absorbidos, pueden utilizarse como fuente de energía adicional (Kim *et al.*, 2005).

La mayor parte de las investigaciones se han realizado con ácido acético, cítrico, fumárico o fórmico incorporados a las dietas de cerdos y aves. No se encontró información acerca de su posible uso en la cría de conejos ni de la posibilidad de incluirlos en el agua de bebida. Por tanto, esta investigación se realizó con los siguientes objetivos:

1. Evaluar el efecto del contenido de almidón en las dietas sobre la tasa de crecimiento, consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento en canal e incidencia de trastornos gastrointestinales de conejos en crecimiento.
2. Evaluar el efecto de la inclusión de ácidos orgánicos (acético o cítrico) en el agua de bebida sobre las variables mencionadas anteriormente y sobre el consumo de agua y pH estomacal y cecal de los animales.

REVISIÓN DE LITERATURA

Oryctolagus cuniculus

El conejo doméstico (*Oryctolagus cuniculus*), es un mamífero herbívoro no rumiante perteneciente al Orden Lagomorfos (debido a características físicas como poseer tres pares de dientes incisivos de crecimiento continuo, dos en la maxila y uno en la mandíbula, y no poseer caninos) y a la familia Leporidae, que incluye conejos y liebres. Su nombre científico, en parte proviene del griego: la palabra orycto viene de la palabra ορυκτό que significa “desenterrando fósiles” y lagus se deriva de la palabra λαγός que significa “liebre” (Merino, 2013). Según la Real Academia Española, la palabra latina cuniculus, proviene del término íbero Kyniklos, palabras que traducidas al español quieren decir conejo.

El conejo doméstico es un animal que se presta muy bien para ser explotado tanto a gran como a pequeña escala. Es un animal de pequeño tamaño, dócil, prácticamente no hace ruidos y, con un buen manejo sanitario, las excretas no presentan grandes problemas de olores indeseables. En sistemas de producción de pequeña escala, se estima que una persona puede atender hasta veinte conejas paridoras dedicándoles sólo una hora diaria de su tiempo y cada coneja puede producir desde 30 hasta 45 conejos por año.

Dentro de las características de mayor importancia económica que distingue al conejo se encuentra su rápida tasa reproductiva. La hembra alcanza

la pubertad entre los 3-4 meses de edad, más tempranamente que el macho que la alcanza entre los 4-6 meses de edad. Las hembras se reconocen por ser ovuladoras inducidas y el crecimiento folicular ocurre en ondas de 16 a 18 días de duración. Su período de gestación varía entre 28 y 31 días y puede ser reapareada al segundo o tercer día después del parto, lo cual da a la coneja la capacidad de tener hasta once partos anuales bajo un sistema de crianza intensiva (McNitt *et al.*, 2000).

Fisiología digestiva

Como se mencionó anteriormente, el conejo es un mamífero herbívoro no rumiante y su sistema digestivo se caracteriza por poseer un colon y ciego de gran tamaño que albergan microorganismos que fermentan el alimento que hasta allí llega. La fermentación ceco-cólica es similar a la que ocurre en el retículo-rumen de rumiantes pero, bajo condiciones normales de alimentación, no es tan intensa (Gidenne, 1997). Aún así, la fermentación ceco-cólica provee las vitaminas del complejo B en cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos de los animales, pero se duda que provea todos los aminoácidos indispensables (aquellos que el animal no puede sintetizar o lo hace a una tasa inferior al requerimiento) en las cantidades requeridas (de Blas y Wiseman, 1998; McNitt *et al.*, 2000). A pesar del gran tamaño del tracto digestivo posterior y de la fermentación que allí ocurre, la capacidad del conejo para digerir los carbohidratos estructurales no sobrepasa el 20 % (Luefah y Cheeke, 1991).

Otra característica del conejo es que practica cecotrofia, que consiste en consumir el contenido cecal directamente desde el ano, cuando es expulsado voluntariamente por los animales (Ruchebusch y Fioramonti, 1976). El contenido cecal expulsado (cecótopo) contiene más proteína bruta y menos fibra bruta que el alimento original. Además, es más húmedo, amorfo y es expulsado rodeado de una capa de mucus (Björnhag, 1981). Estas diferencias se atribuyen a la activa participación del ciego y del colon en el mecanismo de la cecotrofia, específicamente en la separación, por densidad y tamaño de partícula, de los diversos componentes del contenido intestinal (Gidenne, 1997).

Como consecuencia de la cecotrofia, es posible recircular por el tracto digestivo una fracción significativa del alimento consumido, cuya magnitud depende del tipo de alimento proporcionado. El proceso digestivo completo tiene una duración que fluctúa de 18 a 20 horas, lo que permite la recirculación entre dos y cuatro eventos diarios. Aunque la fermentación en conejos es de tipo post-gástrica, la cecotrofia les permite utilizar parte de la proteína microbiana originada en el ciego y la reutilización de algunas de sus propias secreciones endógenas, como proteasas, ácidos biliares y enzimas microbianas (de Blas y Wiseman, 1998; Hongthong *et al.*, 2004).

La cecotrofia no es un evento casual y parece ser controlada por la integridad de la flora microbiana (cantidad y especies de microorganismos presentes), por los componentes (ingredientes) del alimento y por el consumo

voluntario. En diversos experimentos se ha demostrado que la cecotrofia se inicia entre ocho a doce horas después de la última ración cuando se alimenta en forma restringida, o del último evento de ingestión cuando se suministra *ad libitum*. Además, la cecotrofia se ve afectada por los regímenes de luz a los cuales están sujetos los animales y por condiciones ambientales que pueden ser estresantes para los animales (Hörnigke, 1981).

Para que la cecotrofia se lleve a cabo, es preciso que el alimento contenga fracciones toscas (fibra efectiva). Si la dieta proporcionada tiene un bajo contenido de partículas gruesas o contiene cantidades elevadas de componentes digeribles finamente molidos, una fracción del material ingerido (y no digerido en el intestino delgado debido al aumento de la velocidad de tránsito) puede llegar hasta el ciego, donde se fermenta.

La mayor disponibilidad de sustratos fácilmente fermentables en el ciego puede afectar el balance de especies de microorganismos presentes y propiciar el crecimiento de bacterias no deseables (como *Clostridium*) y los animales pueden presentar diarreas, e incluso enterotoxemias (Gidenne, 1997). La ocurrencia de diarreas también depende del equilibrio que exista entre el contenido de energía y proteína en las dietas proporcionadas, ya que un exceso de proteína en el contenido intestinal que llegue al ciego modifica el ambiente cecal y el balance de microorganismos presentes (Carabaño *et al.*, 1997).

Fuentes de energía

Aunque el conejo puede crecer a un ritmo moderado cuando se alimenta exclusivamente a base de forrajes, especialmente leguminosas, los alimentos comerciales contienen cantidades variables de nutrientes (según los requerimientos de los animales) y de ingredientes que los suplen. De los nutrientes requeridos, siempre se presta más atención al contenido de proteína y de energía, ya que estos nutrientes son los que aparecen en mayor cantidad y también tienen un mayor impacto en su precio.

Las necesidades de nutrientes de los animales, a través del período de alimentación hasta alcanzar el peso de mercado, varían de acuerdo a su edad y de su velocidad de crecimiento, pero existe una proporción óptima entre ambas para obtener altas tasas de crecimiento. Se ha demostrado que con una relación de energía digerible (ED) a proteína digerible (PD) de 23.5 kcal ED g PD⁻¹ se obtienen los mejores resultados, pero que una variación entre 22.5 a 24.5 es aceptable (Lebas *et al.*, 1996). En el caso de las fuentes de proteína, realmente no hay grandes diferencias al utilizar una fuente u otra mientras se asegure que los requerimientos de aminoácidos indispensables están cubiertos. Sin embargo, la fuente de energía puede tener un marcado efecto sobre el desempeño productivo, en general, y sobre la incidencia de trastornos gastrointestinales, en particular.

En alimentos para conejos, la mayor parte de la energía proviene de carbohidratos (estructurales y no estructurales) ya que los lípidos son de mayor costo y son difíciles de incorporar a las dietas. Los carbohidratos no estructurales (almidón, amilopectina) son abundantes en los granos de cereales y son de alta digestibilidad y dan muy buenos resultados en el crecimiento animal cuando se incluyen en cantidades moderadas (15 – 20 %) de la materia seca (de Blas *et al.*, 2002). Sin embargo, se ha postulado que la actividad de la amilasa pancreática no es muy alta, especialmente en animales jóvenes, lo que puede permitir que una fracción del almidón no se digiera en el intestino delgado y llegue hasta el ciego (Gidenne, 1997; Gutiérrez *et al.*, 2002) provocando fermentaciones más intensas y trastornos intestinales.

Para disminuir la incidencia de trastornos intestinales, que en ocasiones causan una alta mortalidad, se ha intentado substituir parte de los carbohidratos no estructurales (almidón) por carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa, pectinas) con buenos resultados, desde el punto de vista de disminuir la mortalidad, cuando el contenido de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) en el alimento aumenta de 22.5 a 37.5 %, pero con resultados poco alentadores desde el punto de vista de crecimiento y conversión alimenticia, observándose una correlación inversa entre el contenido de FDN y las ganancias de peso (de Blas *et al.*, 2002).

Desde el punto de vista de intensificación de la producción cunícola, sería deseable aumentar el contenido energético de las dietas para obtener una mejor tasa de crecimiento y una mejor eficiencia, tanto biológica como económica. Una alternativa para lograr este objetivo sería encontrar una forma de aumentar el contenido de almidón en las dietas sin que los animales sufran patologías intestinales. Según Licois *et al.* (2000) las patologías digestivas en conejos son responsables de más del 60 % de todas las muertes que se observan en la engorda de conejos. En aquellos animales que no sucumben a estas enfermedades, se observa una marcada disminución en la eficiencia de utilización del alimento para fines de crecimiento.

Aditivos para prevenir trastornos intestinales

La inclusión de antibióticos en dietas para distintas especies animales se ha utilizado a lo largo de más de 50 años, como una manera de contrarrestar o minimizar el efecto que tienen las bacterias indeseables sobre la función e integridad del sistema digestivo. Típicamente, los antibióticos se han adicionado a dosis bajas (sub-terapéuticas), como preventivos, y se ha observado un efecto positivo sobre la salud y tasa de crecimiento de los animales (Kim *et al.*, 2005). Sin embargo, en los últimos años ha surgido la preocupación relacionada con la posibilidad de que los microorganismos desarrollen resistencia a los antibióticos comúnmente empleados y lleguen a representar un peligro para la salud, tanto de los animales como la de los humanos.

Debido a esta problemática, se han evaluado productos alternativos a los antibióticos que puedan dar resultados semejantes sobre el desempeño productivo de los animales. Como opciones para sustituir el uso de antibióticos como promotores de crecimiento, se han utilizado prebióticos, probióticos, enzimas, extractos de plantas y acidificantes de carácter inorgánicos u orgánicos. Al igual que los antibióticos, estas sustancias aparentan tener efectos directos sobre la integridad del tracto gastrointestinal del animal y sobre la estabilidad de la microflora autóctona (Walsh *et al.*, 2007).

Los acidificantes son compuestos que pueden dar resultados semejantes a los antibióticos, aunque no necesariamente de la misma manera. Los antibióticos actúan inhibiendo el crecimiento microbiano mientras que los acidificantes modifican las características físico-químicas del ambiente interno. De esta manera, tendrían una acción selectiva sobre la población microbiana, reduciendo el número de aquellos microorganismos que son susceptibles a las modificaciones y fomentando el crecimiento de aquellos que no lo son.

Entre los acidificantes que más se han investigado, especialmente en cerdos, se encuentran los ácidos fórmico, propiónico, láctico, fumárico, sórbico, acético y cítrico, administrados ya sea en el agua de bebida o como aditivo en el alimento sólido. Ambas formas de administración son igualmente beneficiosas desde el punto de vista de desempeño animal.

Los mejores resultados se han obtenido con cerdos recién destetados, lo que se atribuye a que estos animales aún no son capaces de mantener un pH estomacal adecuado (Ravidran y Kornegay, 1993), lo que afecta los procesos digestivos, especialmente a través de una inadecuada activación del pepsinógeno a pepsina (Manners, 1976). Al haber menos pepsina disponible, o si el pH estomacal es superior a 3.6, el inicio de la digestión estomacal de proteínas se verá disminuida y pasará al intestino delgado prácticamente intacta, lo que reduce la eficiencia de la digestión intestinal. Este último efecto se relaciona con la secreción pancreática ya que el ácido estomacal que llega al duodeno es el que estimula la secreción de bicarbonato y los productos de la digestión de proteínas (oligopéptidos, aminoácidos) son los que estimulan la secreción de enzimas proteolíticas pancreáticas (Johnson, 2007). Además, la menor acidez en el duodeno inhibe el mecanismo de regulación de la tasa de vaciado estomacal, lo que permite que una mayor cantidad de alimento (poco digerido) pase al intestino posterior y sirva de sustrato a los microorganismos (algunos potencialmente nocivos), aumentando la población (Easter, 1988).

Los acidificantes tienen una acción directa sobre la población microbiana gastrointestinal, disminuyendo el crecimiento y proliferación de microorganismos que son sensibles a pH bajo, especialmente aquellos del tipo Gram negativos (González *et al.*, 2013). También se ha demostrado que los ácidos orgánicos tienen un efecto bactericida independiente de la reducción en el pH (Kim *et al.*, 2005). Según Lambert y Stratford (1999), los ácidos orgánicos no disociados son

relativamente lipofílicos y pueden atravesar la pared celular de los microorganismos y disociarse al interior de las células liberando protones (H^+) y aniones (A^-). La liberación de protones provoca una disminución del pH intracelular activando H^+ -ATP_{asa} (bomba de H^+) ubicada en la membrana que es la responsable de expulsarlos. Como la bomba de H^+ es un mecanismo activo que requiere de energía, el crecimiento poblacional se reduce por falta de este nutriente. deteniendo el crecimiento de la bacteria y, finalmente, puede causarle la muerte. Los aniones quedan atrapados en el interior de la célula y su acumulación crea un ambiente tóxico y causa problemas osmóticos a las bacterias (González *et al.*, 2013).

Según Dibner y Buttin (2002) la eficacia de un ácido orgánico para inhibir el crecimiento microbiano depende del valor de su pK_a . Los ácidos orgánicos de cadena corta con pK_a algo más elevados tendrían una acción antimicrobiana más efectiva ya que la mayor parte del ácido se encontraría en forma no disociada al pH intestinal.

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Generalidades

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones cunícolas del Departamento de Industria Pecuaria, ubicadas en la Granja Experimental Pecuaria en Lajas.

Se utilizaron 48 conejos destetados de aproximadamente siete semanas de edad (24 hembras y 24 machos) y 800 g de peso vivo promedio, que fueron distribuidos aleatoriamente en 24 jaulas elevadas, a razón de dos conejos del mismo sexo por jaula. Las jaulas estuvieron provistas de comederos tipo J y el agua de bebida se proporcionó vía bebederos automáticos (tipo válvula) conectados a un depósito que contenía agua o las soluciones de los ácidos orgánicos utilizados. La unidad experimental fue la jaula con dos conejos y hubo cuatro repeticiones por tratamiento (dos por cada sexo).

Tratamientos y variables estudiadas

Los tratamientos consistieron en proporcionar dietas con distinto contenidos de almidón. Una de ellas considerada de alto (AA, 42 %) y la segunda considerada de bajo (BA, 37 %) contenido de carbohidratos no estructurales, principalmente almidón. Los ingredientes incluidos en las dietas así como el contenido de los principales nutrientes fue provisto por la Federación de Asociaciones Pecuarias de Puerto Rico (Tabla 1). Las dietas se proporcionaron en combinación con un aditivo en el agua: ninguno, ácido acético (0.75 %) o ácido

cítrico (0.75 %). Estos ácidos se seleccionaron porque han sido eficaces para promover el crecimiento y disminuir los trastornos intestinales en otras especies animales.

Tabla 1. Descripción de las dietas experimentales (Base Seca)

Ingrediente (% Base Seca)	AA	BA
Maíz, grano	51.18	46.02
Afrecho de trigo	26.34	28.16
Harina de soya	11.28	10.12
Harina de alfalfa	9.00	13.50
Fosfato dicálcico	0.66	0.66
Carbonato de calcio	0.54	0.54
Sal	0.50	0.50
Premezcla Vit-Min	0.50	0.50
Análisis		
Proteína bruta, %	16.41	16.49
Energía Metabolizable, Mcal/kg	3.05	2.99
Fibra bruta, %	6.99	8.30
Almidón, %	41.96	37.73
Calcio, %	0.55	0.60
Fósforo disponible, %	0.31	0.32

AA: Alto almidón; BA: Bajo almidón

Los animales se pesaron al inicio del experimento y semanalmente por un lapso de seis semanas. Semanalmente se contabilizó el consumo de alimento y de agua de bebida y se calculó la conversión alimenticia.

Transcurridas las seis semanas de experimentación, los animales fueron sacrificados, siguiendo los procedimientos establecidos y aceptados, y sin ayuno previo. Se determinó el peso de la canal, el peso del estómago (vacío y lleno), el

peso del ciego (vacío y lleno) y el peso del hígado. Al momento del sacrificio, se inspeccionaron las vísceras con el fin de detectar anomalías visibles en los intestinos y órganos internos y se tomaron muestras de contenido estomacal, cecal y rectal para determinar pH (potenciómetro Oakton, Modelo pH 11) y materia seca (horno de aire forzado a 65 °C).

Análisis estadístico

Los datos de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, peso de la canal, rendimiento en canal, pH estomacal y cecal y materia seca del contenido estomacal, cecal y rectal fueron sometidos a análisis de varianza de acuerdo a un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial de tratamientos 2 (contenido de almidón en la dieta) x 3 (aditivo en el agua de bebida), de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + A_j + (D \times A)_{ij} + \xi_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} :	Valor de la variable de respuesta
D_i :	Efecto del i ésimo nivel de almidón ($i = 1, 2$)
A_j :	Efecto del j ésimo ácido en el agua de bebida ($j = 0, 1, 2$)
$(D \times A)_{ij}$:	Efecto de la interacción del i ésimo nivel de almidón y el j ésimo ácido en el agua de bebida

Las medias de tratamientos fueron comparadas entre sí mediante la prueba de alcance múltiple de Tukey. Los análisis de varianza y la comparación de medias se realizaron utilizando el programado SAS, versión 9.1.3 (SAS, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Generalidades

No se registraron muertes de animales ni trastornos gastrointestinales a lo largo del experimento, aunque se esperaba una posible aparición de diarreas mucoides debido al mayor contenido de almidón y menor contenido de carbohidratos estructurales en una de las dietas suministradas.

El pH del agua de bebida fue de 7.02 para el agua pura, 3.62 para el agua con ácido acético y 2.81 para el agua con ácido cítrico. Debido al diseño de las instalaciones, sólo fue posible medir el consumo de agua según tipo de aditivo, por lo que los promedios de consumo de agua a través de las siete semanas de experimentación corresponde a animales que recibieron tanto el concentrado alto en almidón (AA) como el bajo en almidón (BA). Por esta misma razón, los datos de consumo de agua no pudieron ser evaluados estadísticamente.

Tabla 2. Promedios de consumo de agua según aditivo, a través de las siete semanas de experimentación.

Aditivo	Semanas de Experimentación						
	1	2	3	4	5	6	7
Consumo de agua expresado en ml animal⁻¹ d⁻¹							
Ninguno	171.5	140.5	171.0	205.5	198.5	204.0	225.5
Acético	131.5	118.0	153.5	171.5	181.5	194.0	182.0
Cítrico	129.5	131.5	169.5	195.0	191.5	188.0	162.0
Consumo de agua expresado en ml kgPM⁻¹							
Ninguno	185.0	163.5	223.3	291.4	304.9	333.8	391.4
Acético	130.4	135.1	193.2	237.7	276.8	317.8	317.6
Cítrico	128.2	149.4	214.0	267.4	284.1	300.9	276.4

PM = Peso Metabólica = PV^{0.75}

En general, el consumo de agua fue aumentando a medida de que los animales crecían. Sin embargo, el aumento fue algo errático o poco consistente. A manera de observación, los animales que recibieron el agua sin aditivo tendieron a consumir una mayor cantidad que los animales que recibieron el agua con ácido acético o ácido cítrico como aditivo. Es posible que la adición de los ácidos al agua de bebida disminuya su aceptación por los animales, lo que sería atribuible a algún cambio en el aroma o sabor. Entre ambos ácidos, no se observó una tendencia clara que indique una preferencia por alguno de ellos.

Desempeño productivo

No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) debido al concentrado suministrado, al aditivo en el agua de bebida o a la interacción entre ambos (Tabla 3). El promedio general de ganancia de peso (25.85 g d^{-1}) fue similar a los observados en otros experimentos anteriores en la misma localidad y con animales del mismo genotipo (García, 2006).

Tampoco se observaron diferencias significativas en consumo de alimento ($P > 0.05$) entre animales en los distintos tratamientos. Sin embargo, cabe destacar que se observó que los conejos que recibieron agua sola o agua con ácido acético desperdiciaron mucho más alimento que los que recibieron agua con ácido cítrico, conducta que, lamentablemente, no se pudo cuantificar.

La conversión alimenticia no difirió entre tratamientos (promedio 7.37 unidades de alimento por unidad de ganancia de peso) pero, en general, es indicativa de una baja eficiencia de utilización del alimento. Sin embargo, como

se indicó anteriormente, esta cifra está altamente influenciada por el desperdicio de alimento observado que, al no ser cuantificado, se considera como si fuese alimento consumido.

Tabla 3. Promedios y errores estándar de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de los animales según tipo de concentrado y aditivo en el agua de bebida.

Concentrado	Aditivo en Agua			Promedio de Concentrados
	Ninguno	Acético	Cítrico	
Ganancia de peso (g d⁻¹)				
BA	24.95 ± 2.49	24.59 ± 2.49	26.27 ± 2.49	25.27 ± 1.44
AA	25.25 ± 2.49	25.76 ± 2.49	27.81 ± 2.49	26.44 ± 1.44
Promedio de Aditivos	25.10 ± 1.76	25.64 ± 1.76	27.04 ± 1.76	Promedio general 25.85 ± 1.02
Consumo de alimento (g d⁻¹)				
BA	210.15 ± 17.15	187.19 ± 17.15	188.57 ± 17.15	198.00 ± 9.90
AA	172.34 ± 17.15	171.94 ± 17.15	188.97 ± 17.15	179.68 ± 9.90
Promedio de Aditivos	191.24 ± 12.12	186.50 ± 12.12	188.84 ± 12.12	Promedio general 189.29 ± 7.01
Conversión alimenticia (g g⁻¹)				
BA	8.46 ± 0.72	7.86 ± 0.72	7.41 ± 0.72	7.91 ± 0.41
AA	6.97 ± 0.72	6.74 ± 0.72	6.81 ± 0.72	6.83 ± 0.41
Promedio de Aditivos	7.71 ± 0.51	7.13 ± 0.51	7.10 ± 0.51	Promedio general 7.37 ± 0.29

Se observó una interacción (Figura 1) entre tipo de concentrado y aditivo en el agua que, si bien es notable, no alcanzó a ser significativa ($P = 0.085$). Los animales que recibieron el concentrado bajo en almidón tendieron a ser menos eficientes en la utilización del alimento y la magnitud de la diferencia entre tipo de concentrado fue mayor cuando no se utilizaron ácidos orgánicos como aditivos en el agua de bebida. Se esperaba un efecto del nivel de almidón sobre la tasa de crecimiento debido al mayor contenido de energía de las dietas (Gutiérrez *et al.*, 2002) pero, al no haber literatura acerca del

efecto de la adición de ácidos orgánicos en conejos, no se sabía de antemano que resultados esperar.

Los resultados de desempeño productivo observados no muestran un efecto positivo de la adición de ácidos orgánicos en el agua de bebida sobre la tasa de crecimiento de los animales, como se ha observado en otras especies de animales, como cerdos (Walsh *et al.*, 2007) y aves (Hassan *et al.*, 2010). En todo caso, tampoco se observaron efectos detrimentales y la tendencia general de mejorar la ganancia de peso y la conversión alimenticia parece indicar que la adición de ácido cítrico debe ser estudiada con mayor detalle, especialmente con dietas bajas en almidón.

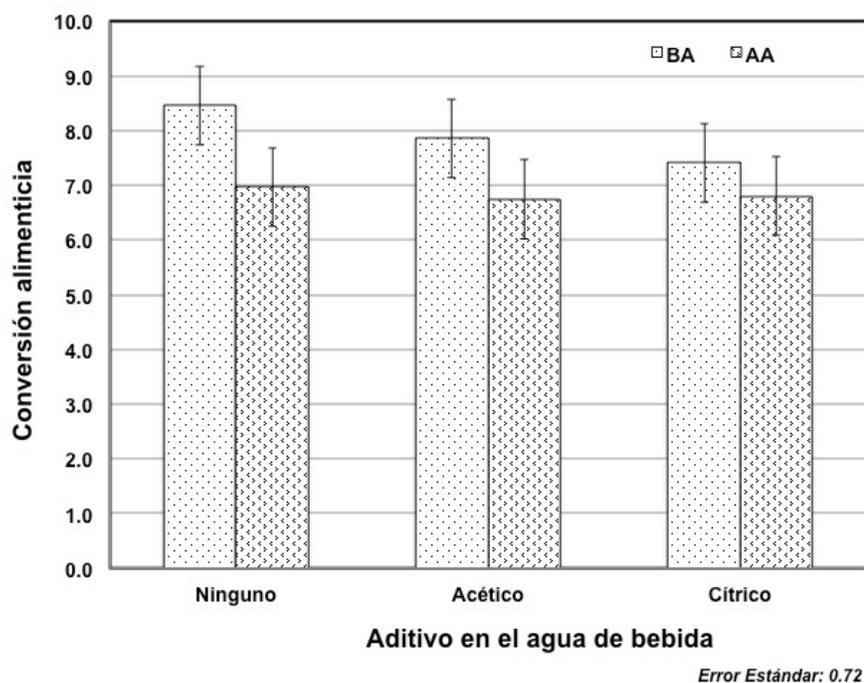


Figura 1. Conversión alimenticia de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida.

Rendimiento en canal

Los animales se sacrificaron al término del período experimental sin previo ayuno, ya que se requería hacer determinaciones del contenido estomacal y cecal. En la Tabla 4 se presentan los valores promedios obtenidos de peso final, peso de la canal y de rendimiento en canal, según tratamientos.

No se observaron efectos significativos de tipo de concentrado, de aditivo en el agua o de la interacción entre ambos sobre el peso de la canal o del rendimiento en canal. El rendimiento en canal promedió 55.58 %, cifra que se considera bastante alta para conejos, aún cuando los animales fueron sacrificados sin ayuno previo, lo que tiende a disminuir el rendimiento.

Tabla 4. Promedios y errores estándar de peso vivo final, peso de la canal y rendimiento en canal, según tipo de concentrado y aditivo en el agua de bebida.

Concentrado	Aditivo en Agua			Promedio de Concentrados
	Ninguno	Acético	Cítrico	
Peso vivo final (kg)				
BA	2.26 ± 0.08	2.28 ± 0.08	2.47 ± 0.08	2.34 ± 0.05
AA	2.33 ± 0.08	2.40 ± 0.08	2.43 ± 0.08	2.39 ± 0.05
Promedio de Aditivos	2.30 ± 0.06	2.34 ± 0.06	2.45 ± 0.06	Promedio general 2.36 ± 0.03
Peso de la canal (kg)				
BA	1.26 ± 0.04	1.27 ± 0.04	1.38 ± 0.04	1.30 ± 0.03
AA	1.29 ± 0.04	1.33 ± 0.04	1.34 ± 0.04	1.32 ± 0.03
Promedio de Aditivos	1.28 ± 0.03	1.30 ± 0.03	1.36 ± 0.03	Promedio general 1.31 ± 0.02
Rendimiento en canal (%)				
BA	55.65 ± 0.82	55.64 ± 0.82	56.00 ± 0.82	55.76 ± 0.46
AA	55.36 ± 0.82	55.43 ± 0.82	55.41 ± 0.82	55.40 ± 0.46
Promedio de Aditivos	55.51 ± 0.56	55.54 ± 0.56	55.71 ± 0.56	Promedio general 55.58 ± 0.27

Aunque no se observaron diferencias significativas en rendimiento en canal, hubo ciertas tendencias que ameritan ser destacadas (Figura 2):

1. El rendimiento en canal de los animales que recibieron el concentrado bajo en almidón tendió a ser más bajo que en los animales que consumieron la dieta alta en almidón, independientemente del aditivo en el agua
2. Con la adición de ácido acético en el agua de bebida, el rendimiento en canal se asemejó al obtenido con agua pura pero los animales que recibieron ácido cítrico en el agua de bebida, especialmente con la dieta baja en almidón, mostraron un rendimiento en canal mayor que el resto de los animales

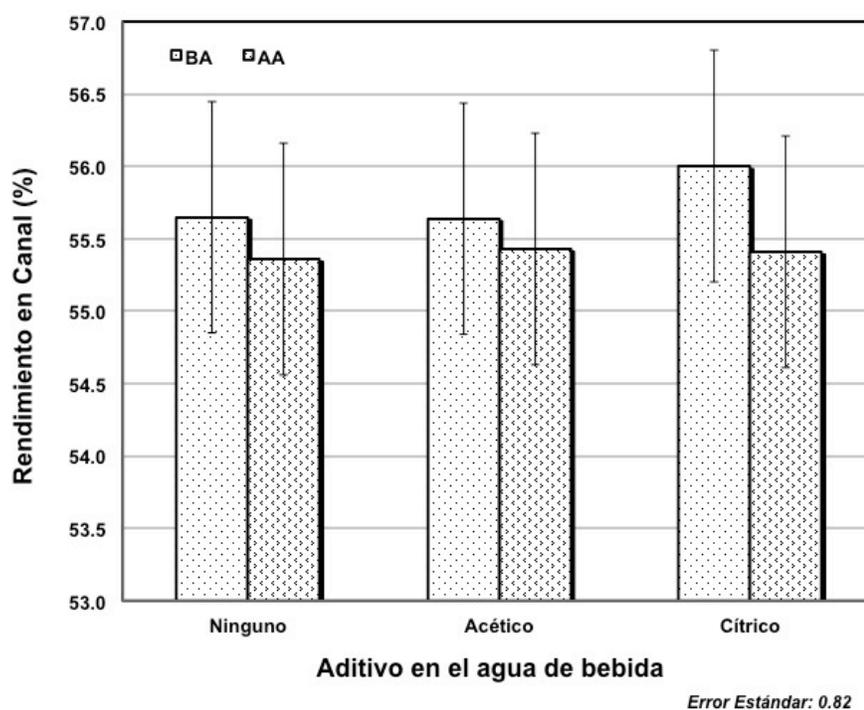


Figura 2. Rendimiento en canal (%) de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida.

Órganos internos

El hígado es el primer órgano donde llegan los componentes que se absorben en el tracto digestivo, vía vena porta (Johnson, 2007), además de ser un órgano de vital importancia para los animales y exhibir una alta tasa metabólica.

El propósito de medir el peso del hígado de los animales utilizados en esta investigación fue para tratar de discernir si el contenido de almidón de las dietas (teóricamente más glucosa absorbida) o los ácidos orgánicos adicionados en el agua (acético: cetogénico; cítrico: gluconeogénico) tenían un efecto sobre su tamaño. Los promedios obtenidos, según tipo de concentrado y aditivos se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Promedios y errores estándar de peso del hígado y peso del hígado expresado como porcentaje del peso vivo, según el tipo de concentrado y aditivo en el agua de bebida.

Concentrado	Aditivo en Agua			Promedio de Concentrados
	Ninguno	Acético	Cítrico	
Peso del hígado (g)				
BA	77.32 ± 7.46	73.87 ± 7.46	70.06 ± 7.46	73.75 ± 4.31
AA	87.94 ± 7.46	77.99 ± 7.46	83.30 ± 7.46	83.08 ± 4.31
Promedio de Aditivos	82.63 ± 5.27	75.93 ± 5.27	76.68 ± 5.27	Promedio general 78.41 ± 2.54
Peso del hígado expresado como porcentaje del PV (%)				
BA	3.41 ± 0.29	3.23 ± 0.29	2.84 ± 0.29	3.16 ± 0.18
AA	3.77 ± 0.29	3.24 ± 0.29	3.47 ± 0.29	3.49 ± 0.18
Promedio de Aditivos	3.59 ± 0.21	3.24 ± 0.21	3.16 ± 0.21	Promedio general 3.30 ± 0.11

No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) atribuibles al tipo de concentrado proporcionado, al aditivo en el agua o a la interacción entre ambos. Se observó, sin embargo, que el peso del hígado de los animales que recibieron el concentrado alto en almidón (83.08 g) tendió a ser mayor que el

de aquellos conejos que recibieron el concentrado bajo en almidón (73.75 g), pero esta tendencia no fue significativa ($P = 0.16$). Esta tendencia también se observó cuando el peso del hígado se expresó como porcentaje del peso vivo de los animales, lo que sugiere que no se debió a un peso final ligeramente mayor de los animales alimentados con las dietas altas en almidón.

El peso del estómago, tanto vacío como lleno, fue similar ($P > 0.05$) a través de todos los animales experimentales (Tabla 6). El peso promedio general del estómago lleno, vacío y expresado como porcentaje del peso vivo fue 74.77 g, 18.77 g y 0.80 %, respectivamente. No se encontraron referencias bibliográficas para hacer las comparaciones pertinentes.

Como los animales se sacrificaron sin ser sometidos a ayuno previo, el peso del estómago lleno puede variar por distintas causas, tales como: tamaño real (capacidad) del estómago, tiempo transcurrido desde la última ingestión de alimento, contenido de humedad del contenido estomacal, entre otras.

El peso del estómago vacío, por otro lado, puede ser un indicador de un posible efecto del alimento proporcionado sobre su tamaño general o sobre el grosor de su epitelio. En esta investigación se observó una tendencia general, no significativa, que sugiere que los estómagos de los animales alimentados con la dieta baja en almidón fueron de mayor tamaño que el de los animales que recibieron la dieta alta en almidón (Figura 3). También se observó que el estómago de los animales que recibieron ácidos tendieron a ser de menor tamaño que el de aquellos que recibieron sólo agua.

Tabla 6. Promedios y errores estándar de peso del estómago lleno, vacío y del contenido estomacal según el tipo de concentrado y aditivo en el agua bebida.

Concentrado	Aditivo en Agua			Promedio de Concentrados
	Ninguno	Acético	Cítrico	
Peso del estómago lleno (g)				
BA	74.44 ± 7.38	77.26 ± 7.38	69.57 ± 7.38	73.76 ± 4.63
AA	67.20 ± 7.38	80.82 ± 7.38	79.30 ± 7.38	75.77 ± 4.63
Promedio de Aditivos	70.82 ± 5.10	79.04 ± 5.10	74.44 ± 5.10	Promedio general
				74.77 ± 3.72
Peso del estómago vacío (g)				
BA	19.81 ± 1.92	18.12 ± 1.92	19.36 ± 1.92	19.10 ± 1.12
AA	19.30 ± 1.92	17.98 ± 1.92	18.05 ± 1.92	18.44 ± 1.12
Promedio de Aditivos	19.56 ± 1.38	18.05 ± 1.38	18.71 ± 1.38	Promedio general
				18.77 ± 0.66
Peso del contenido del estómago (g)				
BA	54.63 ± 5.30	59.14 ± 5.30	50.22 ± 5.30	54.66 ± 3.32
AA	47.90 ± 5.30	62.84 ± 5.30	60.06 ± 5.30	56.93 ± 3.32
Promedio de Aditivos	51.27 ± 3.81	60.99 ± 3.81	55.14 ± 3.81	Promedio general
				55.80 ± 2.79
Peso del estómago vacío expresado como porcentaje del PV (%)				
BA	0.87 ± 0.08	0.80 ± 0.08	0.78 ± 0.08	0.82 ± 0.05
AA	0.83 ± 0.08	0.75 ± 0.08	0.75 ± 0.08	0.78 ± 0.05
Promedio de Aditivos	0.85 ± 0.06	0.78 ± 0.06	0.77 ± 0.06	Promedio general
				0.80 ± 0.03

Se esperaba un efecto más notorio del tipo de concentrado proporcionado sobre el tamaño y capacidad del estómago. Las dietas de bajo contenido de almidón tienden a ser más voluminosas y propician la expansión de los componentes del tracto gastrointestinal para acomodar este mayor volumen (Johnson, 2007).

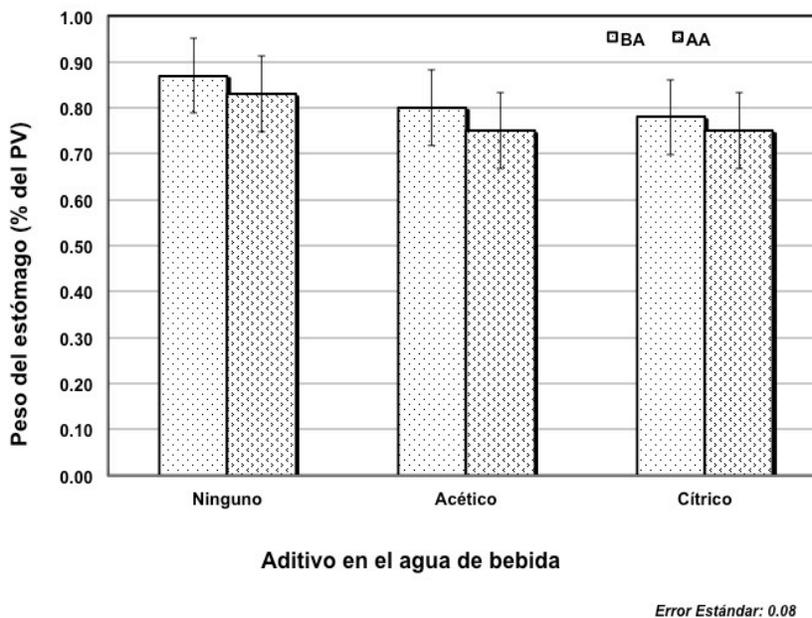


Figura 3. Peso del estómago, expresado como porcentaje del peso vivo, de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida.

El peso y capacidad del ciego lleno fue similar en todos los animales ($P > 0.05$), independientemente del tratamiento al que habían sido sometidos. Se observó una tendencia general (no significativa) semejante a la observada para el caso del estómago, pero las diferencias observadas fueron de mucho menor magnitud (Tabla 7).

Sin embargo, el peso del ciego vacío (así como su capacidad) varió en una forma distinta a la observada para el estómago y para el peso del ciego lleno. En este caso, el peso del ciego vacío de los animales que recibieron ácido acético en el agua de bebida tendió ($P = 0.097$) a ser más liviano (menor tamaño) que el de los conejos que bebieron agua sola o agua con ácido cítrico

(Figura 4). Esta tendencia se observó tanto en el peso absoluto como en el peso expresado como porcentaje del peso vivo de los animales.

Tabla 7. Promedios y errores estándar del peso del ciego lleno, vacío y peso del contenido cecal según el tipo de concentrado y aditivo en el agua bebida.

Concentrado	Aditivo en Agua			Promedio de Concentrados
	Ninguno	Acético	Cítrico	
Peso del ciego lleno (g)				
BA	100.50 ± 11.24	103.39 ± 11.24	108.41 ± 11.24	104.10 ± 6.35
AA	100.08 ± 11.24	105.80 ± 11.24	110.58 ± 11.24	105.49 ± 6.35
Promedio de Aditivos	100.29 ± 7.92	104.60 ± 7.92	109.50 ± 7.92	Promedio general
				104.80 ± 3.73
Peso del ciego vacío (g)				
BA	37.61 ± 2.65	32.06 ± 2.65	40.73 ± 2.65	36.80 ± 1.73
AA	39.41 ± 2.65	33.15 ± 2.65	37.93 ± 2.65	36.83 ± 1.73
Promedio de Aditivos	38.51 ± 2.15	32.61 ± 2.15	39.33 ± 2.15	Promedio general
				36.82 ± 1.02
Contenido del ciego (g)				
BA	62.89 ± 9.64	71.33 ± 9.64	67.69 ± 9.64	67.30 ± 5.61
AA	60.67 ± 9.64	72.65 ± 9.64	72.65 ± 9.64	68.66 ± 5.61
Promedio de Aditivos	61.78 ± 6.87	71.99 ± 6.87	70.17 ± 6.87	Promedio general
				67.98 ± 4.86
Peso del ciego expresado como porcentaje del PV (%)				
BA	1.66 ± 0.12	1.41 ± 0.12	1.65 ± 0.12	1.57 ± 0.07
AA	1.69 ± 0.12	1.39 ± 0.12	1.57 ± 0.12	1.55 ± 0.07
Promedio de Aditivos	1.68 ± 0.08	1.40 ± 0.08	1.61 ± 0.08	Promedio general
				1.56 ± 0.05

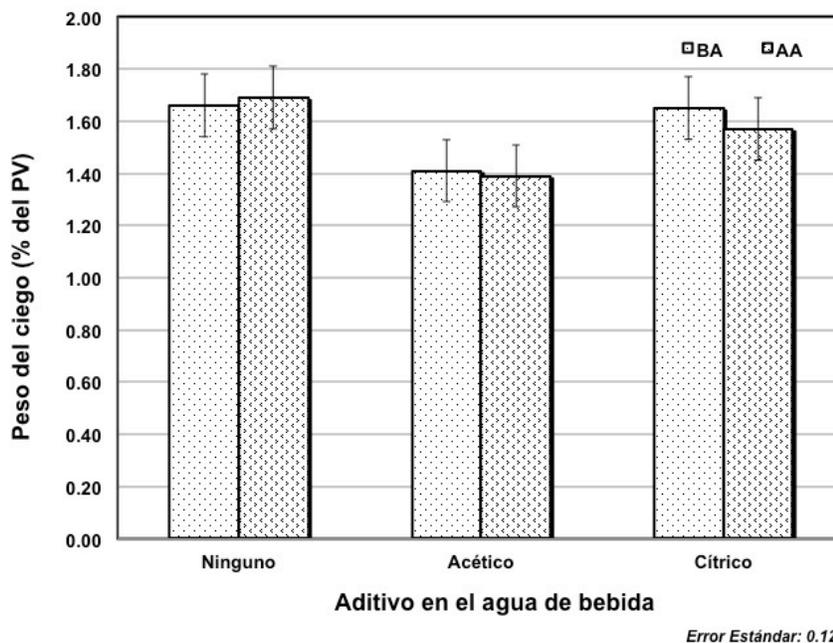


Figura 4. Peso del ciego, expresado como porcentaje del peso vivo, de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida.

El contenido de materia seca del contenido estomacal se vio afectada significativamente ($P = 0.038$) por el aditivo en el agua de bebida, pero no por el tipo de concentrado proporcionado ($P > 0.05$). Los promedios de materia seca del contenido estomacal, cecal y rectal se presentan en la Tabla 8.

Se pudo observar que el contenido estomacal fue más seco en los conejos que recibieron ácido cítrico en el agua de bebida que en los que recibieron agua sola o agua con ácido acético. En cambio, el contenido cecal de los conejos que recibieron ácido cítrico en el agua de bebida fue más húmedo que el de los conejos que recibieron agua sola o agua con ácido acético (Figura 5). La materia seca del contenido rectal no difirió

significativamente, pero se observó una tendencia ($P = 0.16$) a que los animales que recibieron ácidos en el agua de bebida mostraran un contenido de materia seca rectal algo más bajo (Figura 6).

Tabla 8. Promedios y errores estándar de materia seca (%) del contenido estomacal, cecal y rectal, según el tipo de concentrado y aditivo en el agua bebida.

Concentrado	Aditivo en Agua			Promedio de Concentrados
	Ninguno	Acético	Cítrico	
Materia seca del contenido estomacal (%)				
BA	20.23 ± 1.18	20.01 ± 1.16	21.94 ± 1.16	20.73 ± 0.67
AA	17.42 ± 1.16	19.36 ± 1.16	22.52 ± 1.16	19.77 ± 0.67
Promedio de Aditivos	18.83^a ± 0.84	19.69^a ± 0.84	22.23^b ± 0.84	Promedio general 20.25 ± 0.48
Materia seca del contenido cecal (%)				
BA	26.36 ± 1.22	26.93 ± 1.22	24.78 ± 1.22	26.02 ± 0.72
AA	26.99 ± 1.22	26.26 ± 1.22	24.34 ± 1.22	25.86 ± 0.72
Promedio de Aditivos	26.68^a ± 0.87	26.60^a ± 0.87	24.56^b ± 0.87	Promedio general 25.94 ± 0.61
Materia seca del contenido rectal (%)				
BA	34.11 ± 2.03	28.90 ± 2.03	31.59 ± 2.03	31.53 ± 1.18
AA	34.39 ± 2.03	31.91 ± 2.03	30.96 ± 2.03	32.42 ± 1.18
Promedio de Aditivos	34.25 ± 1.46	30.41 ± 1.46	31.28 ± 1.46	Promedio general 31.98 ± 0.88

^{a,b} Promedios seguidos por literales distintas difieren significativamente ($P < 0.05$)

No se encontraron referencias bibliográficas acerca de este tipo de observaciones por lo que se carece de alguna base de comparación.

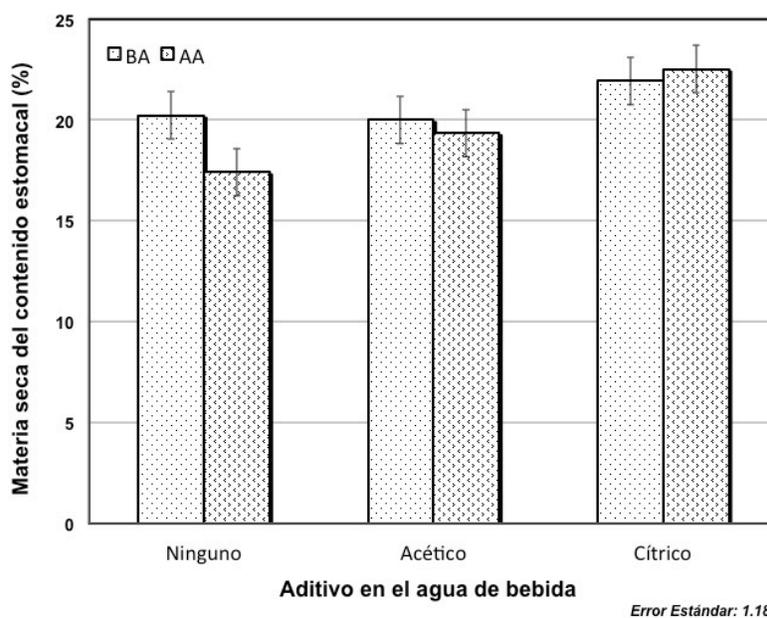


Figura 5. Materia seca (%) del contenido estomacal de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida.

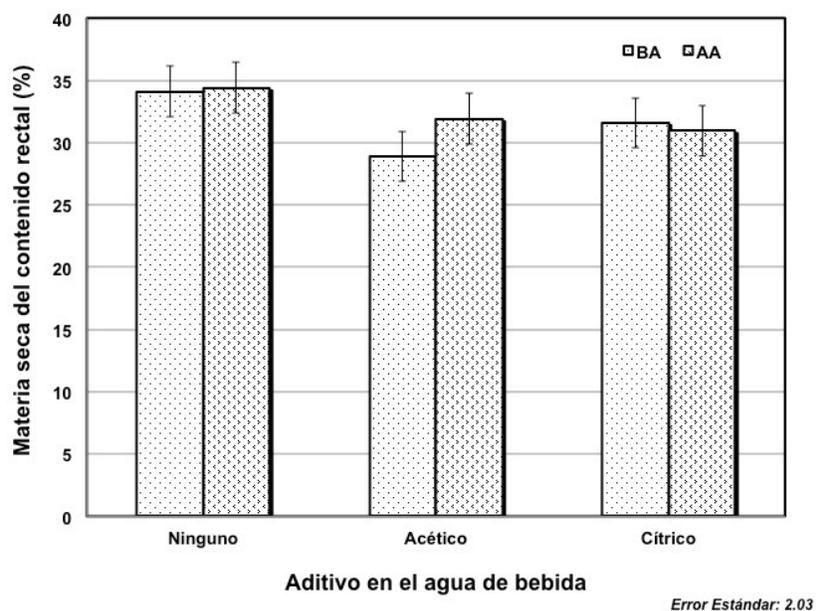


Figura 6. Materia seca (%) del contenido rectal de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida.

No se esperaba que la adición de ácido en el agua de bebida modificara la acidez (pH) del contenido estomacal, debido a que la secreción de jugo gástrico que contiene ácido clorhídrico opacaría cualquier posible efecto de la adición de un ácido comparativamente más débil y a baja concentración. Tal y como se esperaba, no se observaron diferencias significativas en los valores de pH del contenido estomacal atribuibles a las fuentes de variación estudiadas. El pH promedio general fue de 1.84, fluctuando entre un mínimo de 1.49 y un máximo de 2.14. Estos valores indican que el ambiente estomacal se mantuvo dentro de lo que se considera normal y el pH observado es propicio para la activación del pepsinógeno y la función proteolítica de la pepsina (Kim *et al.*, 2005; Johnson, 2007).

Tabla 8. Promedios y errores estándar de las medidas de pH del contenido estomacal y cecal, según el tipo de concentrado y aditivo en el agua bebida.

Concentrado	Aditivo en Agua			Promedio de Concentrados
	Ninguno	Acético	Cítrico	
Valores de pH del contenido estomacal				
BA	1.82 ± 0.39	1.90 ± 0.39	1.49 ± 0.39	1.74 ± 0.22
AA	1.62 ± 0.39	2.00 ± 0.39	2.14 ± 0.39	1.92 ± 0.22
Promedio de Aditivos	1.72^a ± 0.28	1.95^a ± 0.28	1.82^a ± 0.28	Promedio general 1.83 ± 0.21
Valores de pH del contenido cecal				
BA	5.89 ± 0.13	6.19 ± 0.13	6.34 ± 0.13	6.14 ± 0.08
AA	5.99 ± 0.13	6.24 ± 0.13	6.27 ± 0.13	6.17 ± 0.08
Promedio de Aditivos	5.94^a ± 0.09	6.22^b ± 0.09	6.31^b ± 0.09	Promedio general 6.16 ± 0.05

El pH del contenido cecal se vio afectado ($P = 0.03$) por los ácidos adicionados en el agua de bebida pero no por el tipo de concentrado proporcionado ($P = 0.81$). Curiosamente, el pH del contenido cecal de los

animales que recibieron los ácidos en el agua de bebida fue ligeramente más alcalino que el de los animales que recibieron solo agua (Figura 7). Aún así, el pH promedio general del contenido cecal fue ligeramente ácido (6.16), lo cual es indicativo de una fermentación normal.

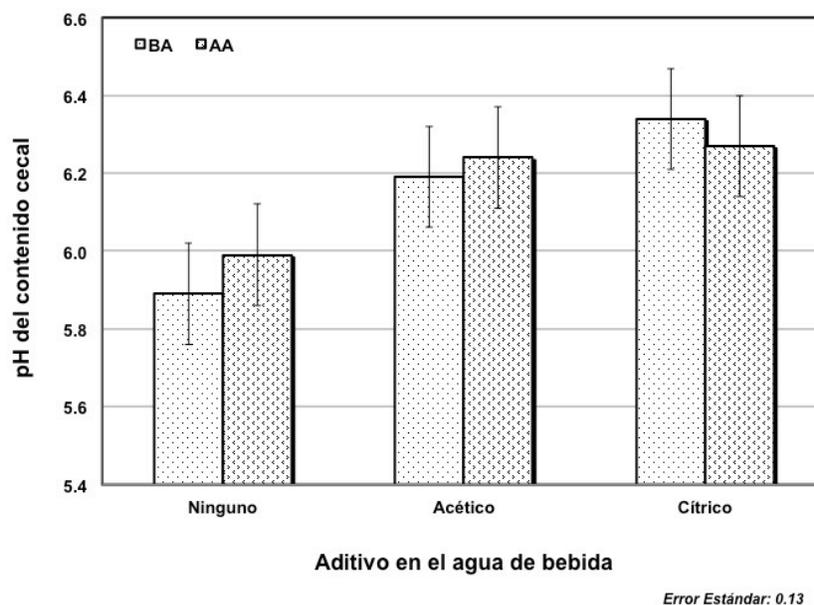


Figura 7. Valores de pH del contenido cecal de los animales experimentales según concentrado proporcionado y aditivo en el agua de bebida.

No se tiene una explicación para esta observación pero es posible que los ácidos hayan sido absorbidos en el intestino delgado y utilizados como fuente de energía por los animales o hayan sido incorporados por los microorganismos presentes en el ciego para su propio metabolismo, disminuyendo su concentración y actividad en el contenido cecal.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación se puede concluir lo siguiente:

- El contenido de almidón en las dietas proporcionadas, a los niveles utilizados, no afectó el desempeño productivo de los conejos y tampoco causó trastornos gastrointestinales
- No se observaron efectos significativos de la inclusión de ácidos acético o cítrico en el agua de bebida sobre el desempeño productivo de los animales
- Se observaron tendencias (no significativas) que sugieren un posible efecto de los ácidos por lo que sería recomendable investigarlos utilizando mayores concentraciones

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Monteserín, E., L. Sierra, P.G. Rebollar y R. Cardinalli. 2007. Efecto de la adición de ácido fórmico en el control de las infecciones entéricas del conejo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. 18:549–554
- Björnhag, G. 1981. Separation and retrograde transport in the large intestine of herbivores. *Livestock Prod. Sci.* 8:351-360
- Caja, G., E. González, C. Flores, M.D. Carro y E. Albanell. 2003. Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. En: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. FIRA de Barcelona (España): Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). XV:193–214.
- Campabadal, C., E. Vargas y M. Fonseca. 1995. Evaluación de los ácidos orgánicos en la alimentación de lechones. I. Uso del ácido cítrico. *Agronomía Costarricense*. 19:47–51.
- Carabaño, R., C. de Blas, N. Nicodemus, y P. Pérez de Ayala. 1997. Necesidades de Fibra en Conejos. En: *XIII Curso de Especialización*. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Madrid. España.
- De Blas, C., and J. Wiseman. 1998. *The Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- De Busser, E.V., J. Dewulf, L.D. Zutter, F. Haesebrouck, J. Callens, T. Meyns, W. Maes and D. Maes. 2011. Effect of administration of organic acids in drinking water on faecal shedding of *E. coli*, performance parameters and health in nursery pigs. *Veterinary Journal (London, England)*. 188:184–188.
- Dibner, J. J., and P. Buttin. 2002. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *J. Appl. Poultry Res.* 11:453-463
- Doyle, M. E. 2001. Alternatives to antibiotic use for growth promotion in animal husbandry. *Food Research*. April 2001.
- <http://fri.wisc.edu/docs/pdf/antibiot.pdf> (accedido el 12 de noviembre de 2013)

- Easter, R. A. 1988. Acidification of diets for pigs. In: Haresign, W., and D. J. A. Cole. (Eds.). Recent Advances in Animal Nutrition. Butterworths, London.
- Galeana Aviles, M. (2012). Comportamiento productivo y económico de gazapos en engorda con la adición de ácido acético y cítrico en el agua de bebida.
http://www.vetzoo.umich.mx/phocadownload/Tesis/2012/Julio/martin_de_je_sus_galeana_aviles.pdf (accedido el 20 de abril de 2012)
- García, Margoth. 2006. Evaluación de Forrajes Tropicales en Dietas para Conejos de Engorde. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Industria Pecuaria, Recinto Universitario de Mayagüez. Mayagüez, Puerto Rico.
- Gidenne, T. (1997). Caeco-colic digestion in the growing rabbit: impact of nutritional factors and related disturbances. *Livestock Production Science*, 51: 73-88
- González, S., E. Icochea y P. Reyna. 2013. Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. *Rev. Investig. Vet. Perú*. 24:32–37.
- Gutiérrez, I., A. Espinosa, J. García, R. Carabaño, and J. C. de Blas. 2002. Effect of levels of starch, fiber and lactose on digestion and growth performance of early weaned rabbits. *J. Anim. Sci.* 80:1029-1037
- Hansen, C.F., A.L. Riis, S. Bresson, O. Højbjerg and B.B. Jensen. 2007. Feeding organic acids enhances the barrier function against pathogenic bacteria of the piglet stomach. *Livestock Science*. 108:206–209.
- Hassan, H. M. A., M. A. Mohamed, A. W. Youssef and E. R. Hassan. 2010. Effect of using organic acids to substitute antibiotic growth promoters on performance and intestinal microflora of broilers. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23:1348-1353
- Hongthong, P., K. Siton, T. Chay y T. R. Preston. 2004. Water spinach (*Ipomoea aquatica*) and stylo 184 (*Stylosanthes guianensis* CIAT 184) as basal diets for growing rabbits. *Livest. Res. Rural Development* 16:5-12
- Hörnigke, H. 1981. Utilization of caecal digesta by caecotrophy (soft faeces ingestion) in the rabbit. *Livestock Prod. Sci.* 8:361-372
- Johnson, L. R. 2007. *Gastrointestinal Physiology*. 7th. Edition. Elsevier, Inc. Philadelphia, USA.

- Kim, Y. Y., D. Y. Kil, H. K. Oh and I. K. Han. 2005. Acidifier as an alternative material to antibiotics in animal feeds. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18:1048-1057
- Knarreborg, A., N. Miquel, T. Granli and B. Jensen. 2002. Establishment and application of an *in vitro* methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. *Animal Feed Science and Technology* 99:131–140.
- Lambert, R. J. and M. Stratford. 1999. Weak acid preservatives: modeling microbial inhibition and response. *J. Applied Microbiol.* 86:157-164.
- Lázaro, I.M. 2001. Las nuevas estrategias de alimentación del conejo: aditivos y alternativas al uso de antibióticos. En: XXVI Symposium de Cunicultura de ASESCU. Asociación Española de Cunicultura (ASESCU). Madrid, España.
- Lebas, F., P. Coudert, R. Rouvier y H. Rochambeau. 1996. The rabbit husbandry, health and production. *FAO Animal Production and Health. Series No. 21.*
- <http://www.fao.org/docrep/x5082e/X5082E00.htm#Contents> (accedido el 20 de marzo de 2013)
- Lebas, F. 2004. Reflections on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. *Proceedings, 8th World Rabbit Congress.* Puebla, México.
- Licois, D., P. Coudert , N. Ceré y J. F. Vautherot. 2000. Epizootic enterocolitis of the rabbit: Review of current research. *Proceedings, 7th World Rabbit Congress.* Asociación Española de Cunicultura. Valencia, España.
- Lukefahr, S. D., and P. R. Cheeke. 1991. Rabbit project development strategies in subsistence farming systems. *World Anim. Rev.*
- <http://www.fao.org/docrep/U5700T/u5700T0d.htm> (accedido el 20 de marzo de 2013)
- Manners, M. J. 1976. The development of digestive function in the pig. In: *Proceedings, Symposium on the Quantitative Aspects of Pig Nutrition.* Proc. Nutr. Soc. 35:49-62
- McNitt, J. I., N. M. Patton, S. D. Lukefahr, and P. R. Cheeke. 2000. *Rabbit Production.* 8th Edition. Interstate Publishers, Inc. Danville, IL.

Merino Laguna, Francisco. 2013. Animales: Conejo, *Oryctolagus cuniculus*.

<http://www.redjaen.es/Francis/?m=c&o=63721> (accedido el 15 de enero de 2014)

Mroz, Z., A.W. Jongbloed, K.H. Partanen, K. Vreman, P.A. Kemme and J. Kogut. 2000. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. *J. Anim. Sci.* 78:2622–2632.

Ravidran, V. and E. T. Kornegay. 1993. Acidification of weaner pig diets: A review. *J. Sci. Food. Agric.* 62:313-322.

Ruckebusch, Y., and J. Fioramonti. 1976. *Fusus-coli* of rabbit as a pacemaker area. *Experientia* 32:1023-1024.

Omogbenigun, F.O., C.M. Nyachoti and B.A. Slominski. 2003. The effect of supplementing microbial phytase and organic acids to a corn-soybean based diet fed to early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 81:1806–1813.

Ravidran, V., and E. T. Kornegay. 1993. Acidification of weaner pig diets: A review. *J. Sci. Food. Agric.* 62:313-322

Walsh, M. G., D. M. Sholly, R. B. Hinson, K. L. Sadoris, A. L. Sutton, J. S. Radcliffe, R. Odgaard, J. Murphy, and B. T. Richert. 2013. Effects of water and diet acidification with and without antibiotics on weanling pig growth and microbial shedding. *J. Anim. Sci.* 85:1799-1808

SAS (2010). SAS Version 9.1.3 User's Guide. SAS Institute, Inc. Raleigh, North Carolina.