

Concentración lipídica y respuestas productivas de cuyes (*Cavia porcellus*) suplementados con Cúrcuma (*Curcuma longa*)

Lipid concentration and productive responses of guinea pigs (*Cavia porcellus*) supplemented with Turmeric (*Curcuma longa*)

Concentração de lipídios e respostas produtivas de porquinhos-da-índia (*Cavia porcellus*) suplementados com cúrcuma (*Curcuma longa*)

Santiago Alexander Guamán-Rivera¹

santiagoa.guaman@esPOCH.edu.ec

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

Robinson J. Herrera-Fejoo²

rherreraf2@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ).

Clara Isabel Ruiz-Sánchez³

cruizs@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ).

María de Lourdes Correa-Salgado⁴

mcorreas2@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ).

Como citar:

Guamán, S. Herrera, R. Ruiz, C. & Correa, M. (2023). *Concentración lipídica y respuestas productivas de cuyes (*Cavia porcellus*) suplementados con Cúrcuma (*Curcuma longa*)*. *Código Científico Revista de Investigación*, 4(1), 787-807.

Recibido: 28/04/2023

Aceptado: 25/05/2023

Publicado: 30/06/2023

¹ Master en producción y sanidad animal con estudios de Ph.D en producción animal. Médico veterinario zootecnista. Docente Ocasional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), sede Orellana. <https://orcid.org/0000-0001-8699-0655>.

² Master en Tecnologías de la Información Geográfica; Sig y Teledetección. Estudiante de Doctorado en Biología en la Universidad autónoma de Madrid. Docente ocasional a tiempo completo en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales y Unidad de Posgrado en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://orcid.org/0000-0003-3205-2350>.

³ Master en Ingeniería Química Aplicada de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Docente ocasional a tiempo completo en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. <https://orcid.org/0000-0003-2864-5137>.

⁴ Master en Ingeniería Biológica y Ambiental de la Universidad Autónoma de Barcelona. Docente ocasional a tiempo completo en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://orcid.org/0000-0001-6130-9384>.

Resumen

Cavia porcellus, curi o cuy en un roedor sudamericano domesticado hace miles de años por indígenas de Sur América. En Ecuador, se considera que fue criado a pequeña escala por indígenas de la sierra centro, siendo utilizado principalmente como seguridad alimentaria, debido a que su carne tiene una apariencia similar a la del conejo o el pollo. Además, en estas economías de subsistencia, se ha determinado que la base de alimentación para el cuy lo constituyen plantas con potenciales propiedades antioxidantes. Con este objetivo, se evaluó el efecto de la *C. longa* a tres diferentes proporciones incluidas en la dieta. Para ello, 120 animales fueron distribuidos aleatoriamente a unos estos tratamientos; Control, sin *C. longa*, T1, 0.6% de *C. longa*; T2, 1,30 % de *C. longa* y T3, 2,30 % de *C. longa*. De acuerdo con los resultados, el consumo de alimento no difirió entre tratamientos a lo largo del experimento (125 ± 13 g/d; $P = 0,32$). No obstante, el T2 mostró un mayor peso final ($P < 0,001$) mientras que, T3 una mayor conversión de alimento ($P < 0,001$), con claras tendencias en el peso a la canal, (T2, 77% vs. T1 y C, 73%). Por lo tanto, *C. longa* como aditivo alimentario para la producción animal parece ser una alternativa valiosa en lugar de los antibióticos, reduciendo también los productos obtenidos con alta huella de carbono

Palabras claves: Compuestos bioactivos, *Cúrcuma longa*, Seguridad alimentaria, Alimentos locales

Abstract

Cavia porcellus, curi or guinea pig, is a South American rodent domesticated thousands of years ago by the indigenous peoples of South America. In Ecuador, it is thought to have been reared on a small scale by the indigenous peoples of the central highlands, mainly for food security, as its meat is similar in appearance to that of rabbit or chicken. In addition, in these subsistence economies, it has been found that the guinea pig's diet is based on plants with potential antioxidant properties. To this end, the effect of *C. longa* was evaluated at three different dietary levels. For this purpose, 120 animals were randomly assigned to one of these treatments: control, no *C. longa*, T1, 0.6% *C. longa*, T2, 1.30% *C. longa* and T3, 2.30% *C. longa*. According to the results, feed consumption did not differ between treatments throughout the experiment (125 ± 13 g/d; $P = 0.32$). However, T2 showed a higher final weight ($P < 0.001$), while T3 showed a higher feed conversion ($P < 0.001$), with clear trends in carcass weight (T2, 77% vs. T1 and C, 73%). Therefore, *C. longa* as a feed additive for animal production seems to be a valuable alternative to antibiotics, also reducing the products obtained with a high carbon footprint.

Keywords: Bioactive compounds, curcuma longa, food safety, local food, local foods

Resumo

Cavia porcellus, curi ou porquinho-da-índia é um roedor sul-americano domesticado há milhares de anos pelos povos indígenas da América do Sul. No Equador, considera-se que ele foi criado em pequena escala pelos povos indígenas do planalto central, sendo usado principalmente para segurança alimentar, porque sua carne tem aparência semelhante à do

coelho ou da galinha. Além disso, nessas economias de subsistência, foi determinado que a base da dieta do porquinho-da-índia são plantas com possíveis propriedades antioxidantes. Para isso, foi avaliado o efeito da *C. longa* em três proporções diferentes na dieta. Para isso, 120 animais foram distribuídos aleatoriamente em um dos seguintes tratamentos: Controle, sem *C. longa*, T1, 0,6% de *C. longa*, T2, 1,30% de *C. longa* e T3, 2,30% de *C. longa*. De acordo com os resultados, o consumo de ração não diferiu entre os tratamentos durante todo o experimento (125 ± 13 g/d; $P = 0,32$). No entanto, o T2 apresentou um peso final maior ($P < 0,001$), enquanto o T3 apresentou uma conversão alimentar maior ($P < 0,001$), com tendências claras no peso da carcaça (T2, 77% vs. T1 e C, 73%). Portanto, a *C. longa* como aditivo alimentar para a produção animal parece ser uma alternativa valiosa aos antibióticos, reduzindo também os produtos obtidos com uma alta pegada de carbono.

Palavras-chave: Compostos bioativos, Cúrcuma longa, Segurança alimentar, Alimentos locais, Alimentos locais

Introducción

El cuy o conejillo de Indias (*Cavia porcellus*) es un roedor domesticado en las zonas altas de Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia desde hace al menos 7.000 años (Pascual et al., 2017). Su carne, de aspecto y sabor similares a la de conejo o pollo, ha sido consumida durante siglos por pueblos y/o comunidades indígenas (Sánchez-Macías, Castro, Rivero, Argüello, & Morales-Delanuez, 2016). Además, en Sudamérica, el *C. porcellus* proporciona cantidades significativas de proteínas a los pequeños agricultores, formando parte de su seguridad alimentaria y reduciendo las tasas de malnutrición (Guerrero-Pincay et al., 2020). En Ecuador, *C. porcellus* es ampliamente utilizada en la región andina, bajo un sistema de cría tradicional-familiar, aunque con bajos niveles tecnológicos. Además, un estudio en pequeños agricultores mostró que éstos suelen utilizar recursos alimenticios locales de altos niveles de compuestos bioactivos en lugar de antibióticos (Pamela et al., 2023). Es importante destacar que, *C. porcellus* tiene una alta prolificidad, así como una gran adaptabilidad a una amplia gama de opciones de alojamiento y manejo (Lammers et al., 2009), representando un papel importante en la cultura gastronómica en el contexto de los pequeños propietarios rurales de esta región.

En producción animal, el uso de antibióticos como aditivo alimentario para controlar y prevenir enfermedades y promover el crecimiento es común en todo el mundo (Karásková et al., 2015; Valenzuela-Grijalva et al., 2017; Guzman & Montoya, 2018). Van-Boeckel et al. (2015), calcula que en 2010 se utilizaron 63.151 toneladas de antibióticos en la producción de animales destinados a la alimentación en todo el mundo, aunque las previsiones para 2030 apuntan a un aumento cercano al 67% (105.596 toneladas). Basta evidencia científica, ha demostrado que cuando bacterias, virus, hongos y los parásitos dejan de responder eficazmente a los medicamentos, se habla de resistencia a los antimicrobianos (RAM) (FAO, 2021). Por lo tanto, la RAM tiene consecuencias globales para la salud humana, provocando aproximadamente 700.000 muertes al año (De-Jongh et al., 2022). Según O'Neill (2016), se prevé que en 2050 el número de muertes relacionadas con la RAM podría ascender a 10 millones anuales, con un impacto económico estimado de 100 billones de dólares. Razón por la cual, la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2020) elaboró una lista de antibióticos restringidos para la medicina veterinaria y la Agencia Europea de Medicamentos (EMA) actualizó la categorización de los antibióticos utilizados en animales para promover un uso prudente (Maron et al., 2013). Medidas adoptadas con el fin de, reducir la RAM y preservar la eficacia de los antibióticos tanto para las personas como para otros animales.

Frente a la lucha contra la RAM, la desigualdad social y el cambio climático, la ONU (ONU, 2020) propuso 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) como parte integral de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible. En consecuencia, los ODS marcan un cambio histórico hacia una agenda de desarrollo sostenible tras una larga historia de intentos de integrar el desarrollo económico y social con la sostenibilidad medioambiental (Biermann et al., 2017). Aunque todos los ODS están relacionados con la producción animal, el ODS 12, que se centra en garantizar el consumo sostenible, así como el ODS 3, cuyo objetivo es garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades, son los más directamente

implicados (Dicke, 2018). Paralelamente, es fundamental mencionar que los consumidores de productos animales demandan carne libre de residuos de medicamentos. Por lo tanto, se ha prestado mucha atención a los recursos alimentarios locales debido a sus compuestos bioactivos que, en pequeñas cantidades, son capaces de modular las respuestas orgánicas (Tobou-Djoumessi et al., 2020).

Teniendo en cuenta lo anterior, los promotores naturales del crecimiento, como los extractos de plantas, podrían utilizarse para la alimentación de *C. porcellus* sin ningún efecto adverso. En este sentido, la *C. longa* es ampliamente usada como especia, colorante y también es conocida por sus propiedades medicinales (Dosoky & Setzer, 2018). Dentro de los principales componentes activos del rizoma se encuentran los curcuminoides no volátiles (Dosoky & Setzer, 2018). Los curcuminoides (curcumina, demetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina) son derivados polifenólicos no tóxicos de la curcumina que ejercen una amplia gama de actividades biológicas y propiedades farmacológicas (Itokawa et al., 2008; Yuebin et al., 2019). De hecho, en la actualidad, estos compuestos se están utilizando en animales como conejos (Itokawa et al., 2008; Taha et al., 2012), aves de corral (Kermanshahi & Riasi, 2006; Nadia et al., 2008; Clavo-Majuan, 2015; Valenzuela-Grijalva et al., 2017; Li et al., 2019) y ratas (Ashraf & Sultan, 2017; Hussein et al., 2014) con el fin de limitar el uso de antibióticos genéricos.

En nuestras condiciones, a pesar del amplio uso del cuy como especie destinada a la provisión de proteína de alto valor biológico, pocos estudios se han realizado con el fin de entender acerca de la inclusión de este recurso alimenticio local con altas propiedades antioxidantes para ser utilizado como una alternativa en el uso de antibióticos como promotores del crecimiento.

Con todos estos antecedentes, el presente estudio pretende evaluar la inclusión de diferentes niveles de *C. longa* y su efecto en las concentraciones séricas lipídicas utilizando *C. porcellus* como modelo experimental.

Metodología

Cuestiones éticas

Todos los procedimientos de cuidado, alojamiento y alimentación de los animales fueron adaptados con base en la Organización Mundial de Sanidad Animal 2016 (bienestar animal) y la normativa ecuatoriana vigente Ley Orgánica de Salud Animal No. 56, publicada en el Registro Oficial, Suplemento 27, 03 de julio de 2017). Sin embargo, este estudio no requirió la aprobación de un Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales debido a que no involucró animales utilizados con fines científicos como usualmente lo requiere la Directiva 2010/63/UE (Unión Europea, 2010) [Art. 2.5), como prácticas no susceptibles de causar dolor, sufrimiento, angustia o daño duradero equivalente o superior al causado por la introducción de una aguja de acuerdo con las buenas prácticas veterinarias].

Sitio experimental

El presente estudio se llevó a cabo en la provincia de Orellana, situada en el noreste de Ecuador. El clima en esta región se caracteriza por condiciones de bosque húmedo tropical (INAMHI, 2021). La precipitación media anual es de unos 2942 mm con una temperatura media anual de 29,7 °C, y altitudes de unos 275 m sobre el nivel del mar.

Procesado de la harina de *C. longa*

Para el experimento aplicado en el presente estudio, la *C. longa* se recolectó en la localidad de Guayusa y se secó al sol durante siete días. Posteriormente a esto, se trituro

utilizando un molino de martillos con un tamaño de tamiz de 2 mm. El análisis químico de la *C. longa* figura en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición fitoquímica de la harina de *C. longa* (se presentan valores de media + desviación estándar)

Fitoquímicos	Composición (%)
Alcaloide	0,86 ± 0,01
Saponinas	0,39 ± 0,01
Taninos	1,10 ± 0,04
Esterol	0,04 ± 0,02
Cianuro de hidrógeno	0,84 ± 0,03
Flavenoide	0,38 ± 0,04
Fenol	0,07 ± 0,10

Condiciones de alojamiento

Se utilizaron 120 animales machos, con un peso vivo promedio de 356 ± 25 g, alojados en jaulas individuales provistas con bebederos y comederos. Las jaulas fueron construidas de malla metálica de $62 \times 50 \times 37,5$ cm. Además, durante todo el experimento se mantuvieron condiciones ambientales controladas (20 a 25°C; 16HL:8HO).

Dietas experimentales

Un total de 120 *C. porcellus* de tres semanas de edad fueron asignados a cuatro tratamientos en un diseño completamente aleatorizado (Control, T1, T2 y T3 de harina de *C. longa*). En el primer paso, todos los animales fueron sometidos a un periodo de adaptación (siete días) con una dieta basal (Control) consistente en *Pennisetum purpureum* y concentrado (60:40). El experimento tuvo una duración de doce semanas. Después de la adaptación, se formularon tres dietas experimentales añadiendo harina de *C. longa*, según se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición de las dietas experimentales

Ingredientes, %	Dietas experimentales			
	Control	T1	T2	T3
<i>Pennisetum purpureum</i>	60.75	60.75	60.75	60.30

Maíz amarillo molido	11	11	10.5	10.0
Arroz en polvo	8.0	8.0	7.8	7.8
Aceite de palma	0.50	0.5	0.5	0.5
Melaza de caña	0.50	0.50	0.50	0.50
Harina de soya	18.75	18.15	18.15	18.10
Mezcla mineral ¹	0.50	0.50	0.5	0.5
Harina de <i>C. longa</i>	0	0.60	1.30	2.30
Total	100	100	100	100
Composición				
Energía digestible, Mcal/kg	2.4	2.3	2.2	2.2
FND, %	35	33	32	32
Proteína cruda, %	16	16	15	15

¹Suministrado por kilogramo de dieta: vitamina A, 10000 UI; vitamina D3,9790 UI; vitamina E, 121 UI; B 12, 20 µg; riboflavina, 4,4 mg; pantotenato cálcico, 40 mg; niacina, 22 mg; colina, 840 mg; biotina, 30 µg; tiamina, 4 mg; sulfato de zinc, 60 mg; óxido de manganeso, 60 mg.

Medición de variables

Rendimiento y beneficio económico

La ingesta de pienso se registró diariamente mediante una balanza con una capacidad de 2000 g ± 0,5 de precisión (GRAM FC, Madrid, España), mientras que el peso corporal individual (PC) se registró semanalmente (GRAM FC, Madrid, España). Los índices de conversión alimenticia se calcularon utilizando los datos de ganancia de peso corporal e ingesta de alimento.

Índice de conversión. CA = consume de alimento (g) /peso vivo (g)

En cambio, para el rendimiento a la canal, tras el sacrificio de los cuyes, estos fueron desangrados y luego escaldados (60-70°C durante 45-60 segundos). La canal comprendía; el cuerpo tras la eliminación del pelo, la cabeza (entre el hueso occipital y la primera vértebra cervical), la mano y las patas en las articulaciones carpometacarpiana y tarso-metatarsiana, respectivamente, y las vísceras (Sánchez-Macías, Castro, Rivero, Argüello, & Morales-delaNuez, 2016). La canal conservó la piel, las porciones laterales del diafragma y los depósitos

de grasa perirrenal y pélvica. Por último, el beneficio económico se obtuvo entre los costes de producción y los ingresos.

Concentración sérica de lípidos

Para la concentración de lípidos en suero, se seleccionaron cinco animales al azar en cada tratamiento. Se tomaron muestras de sangre de la vena de la oreja en vacutainer BD (4 ml) sin anticoagulante (BD Diagnostics, Franklin Lakes, NJ, EE.UU.) una semana antes de los tratamientos aplicados y cuatro, seis, ocho y doce semanas después de la suplementación con *C. longa* antes de alimentarlos por las mañanas. Las muestras de sangre se dejaron reposar durante 24 h para obtener el suero y se almacenaron a -20°C en tubos Eppendorf de 1,5 mL hasta su análisis. Luego de esto, mediante el método de espectrofotometría, se analizó el colesterol HDL y triglicéridos siguiendo las recomendaciones de los kits comerciales.

Análisis estadístico

Todos los análisis se realizaron con el software estadístico SAS v. 9.1.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Para ello, como primer paso, todos los datos se comprobaron con una prueba de normalidad (PROC UNIVARIATE). Como segundo paso, los datos productivos se sometieron a un análisis unidireccional de varianza (ANOVA) mediante un modelo lineal general (GLM). En cambio, las respuestas metabólicas se trataron mediante el PROC MIXED de SAS para medidas repetidas. Los análisis de regresión se obtuvieron con el procedimiento PROC REG. Diferencias entre medias de mínimos cuadrados se determinaron con la prueba PDIFF de SAS. Diferencias significativas se declararon a un $P < 0,05$ a menos que se indique lo contrario.

Además, en la redacción del artículo se tuvieron en cuenta los aspectos éticos, que garantizan la observancia de la confidencialidad y la protección de las referencias para la investigación. También se establecerán criterios de inclusión y exclusión para seleccionar artículos relevantes que cumplan con los objetivos del estudio.

Es importante destacar que se mencionarán las posibles limitaciones del estudio, en caso de que existan, para brindar una visión transparente y realista de los resultados obtenidos. Esto permitirá a los lectores evaluar el rigor, la coherencia y la replicabilidad de los procedimientos y del estudio en general.

Resultados

Respuestas productivas

Las respuestas productivas de *C. porcellus* sometidos a diferentes niveles de *Cúrcuma longa* se muestran en la Tabla 3. No se observaron diferencias entre los tratamientos cuando se comparó el consumo de alimento ($P = 0,32$; Tabla 3). El consumo medio de alimento tuvo un valor de $(124 \pm 13 \text{ g/d})$, como se indica en la Tabla 3). Del mismo modo, peso vivo inicial no difirió al iniciar el experimento ($P = 0,60$), siendo la media de $355 \pm 0,2 \text{ g}$ de peso vivo. Además, antes de la administración de los niveles de *C. longa*, los valores iniciales de peso corporal presentaron un coeficiente de variación inferior al 15%, lo que significa homogeneidad y comunalidad.

Tabla 3. Medias mínimas cuadradas de los datos productivos de *C. porcellus* sometida a diferentes niveles de *C. longa*.

Items	Tratamientos ¹				EE	<i>p</i> -Valor Trat
	Control	T1	T2	T3		
Consumo de alimento, g/d	124	125	125	125	13	0.32
Peso vivo inicial, g/d	356	357	353	354	0.2	0.60
Peso vivo final, g/d	498 ^d	595 ^c	698 ^a	644 ^b	1.7	0.001
Conversión alimenticia	3.6 ^a	3.1 ^b	2.7 ^c	2.4 ^d	0.10	0.001
Rendimiento a la canal, %	63 ^z	72 ^y	77 ^x	73 ^y	0.2	0.08

¹Tratamientos; Control, igual que la adaptación; T1, *C. longa* 0,60%; T2, *C. longa* 1,30%; T3, *C. longa* 2,30%; EE, error estándar de las medias; ^{a-c} Las medias con distinta letra en la misma fila indican diferencias estadísticas a $P < 0,05$ ^{x-z} Las medias con distinta letra en la misma fila indican una tendencia estadística a $P < 0,10$.

Los valores finales del peso vivo tras la administración de los distintos niveles de *C. longa* se muestran en la Tabla 3. Los valores finales de peso vivo difirieron cuando se incluyó harina de *C. longa* en las dietas de cuyes ($P < 0,001$). El tratamiento T1, mostró valores de peso vivo superiores ($698 \pm 1,7$, en promedio) a los observados en T3 ($644 \pm 1,7$, en promedio) y T1 ($595 \pm 1,7$, en promedio), respectivamente, que también difirieron entre sí (Tabla 3). En cambio, cuando se compararon con los del tratamiento Control, se detectaron enormes diferencias estadísticas ($498 \pm 1,7$ g, de media; $P = 0,03$ a $0,001$). Además, los datos de peso vivo presentaron una tendencia lineal, aunque no estadísticamente significativa ($P = 0,32$; Figura 1). En cuanto al índice de conversión, los tratamientos T3 ($2,4 \pm 0,10\%$, promedio; $P < 0,001$), T2 ($2,7 \pm 0,10\%$, promedio; $P < 0,002$) y T1 ($3,1 \pm 0,10\%$, promedio; $P < 0,004$) presentaron un índice de conversión superior al observado en el Control ($3,6 \pm 0,10\%$, promedio; $P < 0,001$). Además, el índice de conversión alimenticia con respecto a los diferentes niveles de *C. longa* indicó un ajuste exponencial ($P = 0,04$; Figura 2). En otras palabras, la inclusión de un 2,30% de *C. longa* presentó la mayor conversión alimenticia desde el punto de vista nutricional. En consecuencia, esto implica que no hay necesidad de una alta ingesta de alimento para lograr más peso vivo. En cuanto a términos económicos, el coste de producción no difirió ($P < 0,42$; 1,54 USD) debido a que la *C. longa* se ha obtenido de las propias explotaciones. Sin embargo, analizando los beneficios económicos, en base a los rendimientos en canal, el presente estudio demostró que el tratamiento T2 (1,30%; 5 USD/kg) tuvo mayor beneficio económico que los obtenidos en Control (3 USD/kg) así como para T1 y T3 que obtuvieron ambos, en promedio 4 USD/kg.

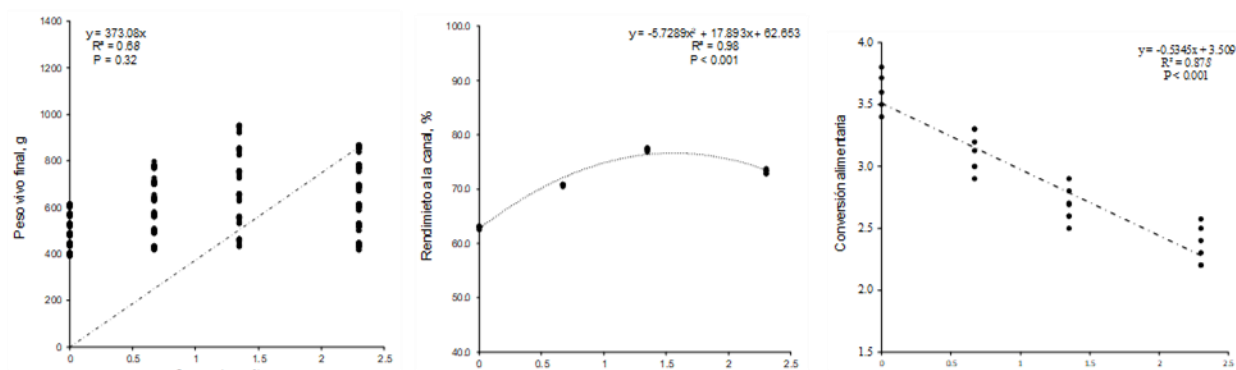


Figura 1. Ajuste de regresión para el peso vivo final, rendimiento en canal y la conversión alimentaria en función de diferentes niveles de cúrcuma longa.

Concentración sérica de lípidos

Los efectos de la incorporación de harina de *C. longa* sobre la concentración sérica de lípidos, se ilustran en la Figura 2. Una semana antes de aplicar los tratamientos, los valores iniciales de colesterol total, HDL, LDL y triglicéridos no presentaron diferencias estadísticas ($P = 0,30$ a $0,75$). No obstante, las concentraciones séricas de colesterol total, HDL, LDL y triglicéridos disminuyeron drásticamente ($P < 0,05$) con la inclusión de harina de *C. longa* a lo largo del tiempo (12 semanas). Además, HDL, LDL, triglicéridos y concentración de *C. longa* arrojaron un elevado coeficiente de regresión ($r^2 = 0,85$ para HDL; $r^2 = 0,85$ para LDL y $r^2 = 0,78$ para triglicéridos), lo que permite establecer una fuerte relación entre la concentración de lípidos y la tasa de inclusión de *C. longa* en el alimento.

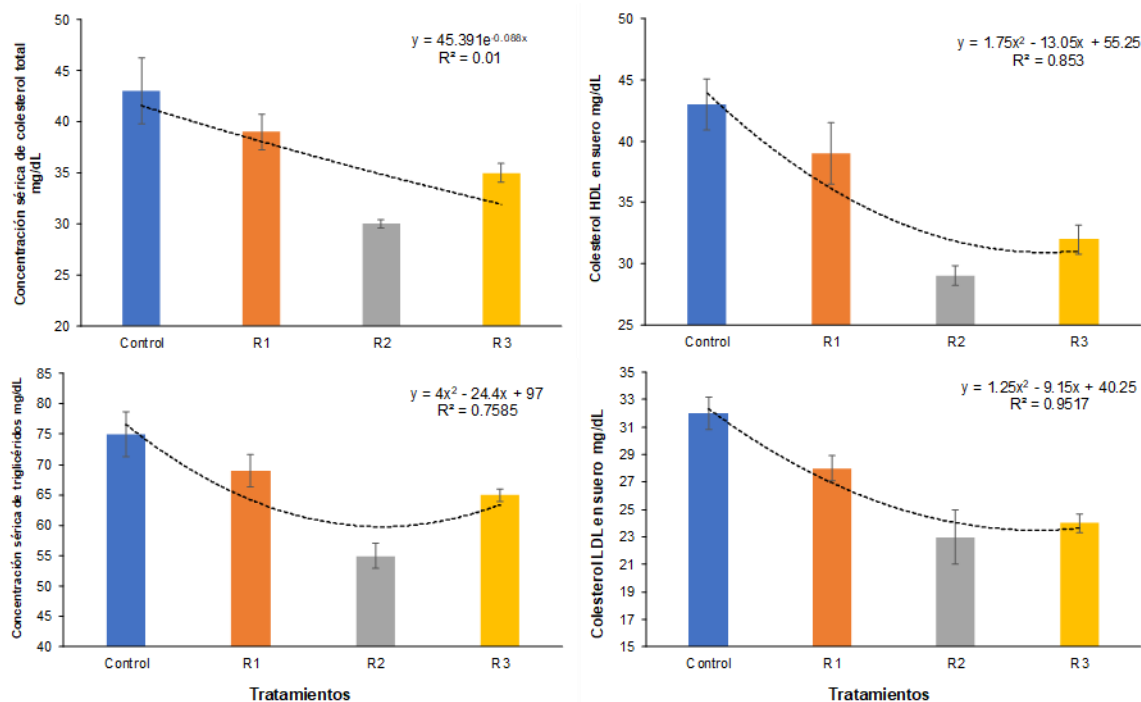


Figura 2. Efectos del nivel de incorporación de harina de *C. longa* en la concentración de lípidos séricos; los valores representan una media de 12 semanas; ^{a,b} Medias con letras diferentes difieren en un $P < 0,05$. Tratamientos; Control, igual que la adaptación; T1, *C. longa* 0,60%; T2, *C. longa* 1,30%; T3, *C. longa* 2,30%.

Discusión

La producción ganadera está cada vez más afectada por factores externos. Entre ellos, el aumento de la demanda de proteína de origen animal y la escasez de materias primas para alimentación de animales. Al mismo tiempo, se ha observado preocupación por la alimentación y sus repercusiones en la salud, así como por el impacto de los sistemas de producción en el bienestar animal y el medio ambiente (Den-Hartog & Sijtsma, 2013). Bajo un escenario, donde la resistencia a los antibióticos aumentando en todo el mundo, los compuestos bioactivos (CB) están recibiendo un considerable interés, por su potencial para destruir eficazmente las células bacterianas. Por lo tanto, los CB representan una herramienta alimentaria interesante para

incluir como alimentos funcionales en la industria de la nutrición animal (Den-Hartog & Sijtsma, 2013). Sin embargo, la eficacia de un CB depende de su solubilidad, estabilidad y biodisponibilidad.

En este sentido, las plantas pertenecientes al género *Curcuma* están cobrando importancia en todo el mundo como uno de los ingredientes significativos en la alimentación y la medicina tradicional (Rajkumari & Sanatombi, 2018). La *C. longa* (*C. domestica* Valetton y *C. brog* Valetton) también se conoce como "cúrcuma" en todo el mundo, "kurkum" en árabe y "haldi" en hindi y urdu, la cual se cultiva en todo el mundo, pero es originaria del sudeste asiático (Dias-Ferreira et al., 2013). Un interesante estudio de Djoumessi-Tobou et al. (2021) en *C. porcellus*, reportó un aumento en el consumo de materia seca debido a la inclusión de *C. longa* como aditivo alimentario. Además, varios modelos animales o estudios en humanos demostraron que la curcumina es extremadamente segura incluso a dosis muy altas (Anand et al., 2007). Sin embargo, Djoumessi-Tobou et al. (2021) determinó que concentraciones de *C. longa* por arriba del 1%, en base a materia seca, afecta el consumo voluntario de materia seca. Estas respuestas en parte se pueden explicar por la presencia de alcaloides que podrían haber inducido un sabor amargo al alimento (es decir, *C. longa* >1%). Mientras que, por otro lado, la baja solubilidad (debido a su insolubilidad en agua) y el rápido metabolismo influirían en la biodisponibilidad de los curcuminoides (Anand et al., 2007; Yu et al., 2012) limitando también la distribución tisular, el aparente rápido metabolismo y su corta vida media. Apoyando esta sentencia, Shoba et al. (1998) administraron oralmente una dosis de 2 g/kg de *C. longa* en ratas e informaron una concentración sérica máxima de 1,35 (0,23 µg/mL en el tiempo 0,83 h). Mientras que, en humanos, la misma dosis de *C. longa* resultó en niveles séricos indetectables o extremadamente bajos (0,006 ± 0,005 µg/mL en 1 h).

A pesar de estas evidencias, en el presente trabajo cuando se añadió *C. longa* al 1,30% en la dieta en base seca, a excepción de la ingesta voluntaria de MS, se observaron mayores

respuestas de rendimiento que en otras proporciones (0,60 y 2,3%). Según Al-yasiry et al. (2017) en los animales monogástricos, la mucosa gastrointestinal es una línea de defensa contra los patógenos ambientales. Para luchar contra los agentes infecciosos y potencialmente nocivos, se ha desarrollado en los intestinos un complejo sistema de tejido linfático submucoso y mucoso (GALT - gut- associated lymphoid tissue). Por lo tanto, la curcumina como aditivo alimentario incluida a una modesta concentración pudo haber sido parcialmente absorbida en el intestino y también una parte considerable de la curcumina ingerida alcanza el ciego y el colon, donde existe una gran población de bacterias autóctonas (Hassaninasab et al., 2011). En consecuencia, la *C. longa* muestra tener propiedades valiosas como antioxidante, captador de radicales libres y modulador de las respuestas inmunitarias y metabólicas (Valenzuela-Grijalva et al., 2017; Yuebin et al., 2019; Morales & Ruiz, 2022).

En el contexto de las condiciones ecuatorianas, debido a la importancia del cuy dentro de la seguridad alimentaria, considerando que los animales se alimentan con dietas mixtas de forraje, la *C. longa* podría ser un aditivo alimentario disponible para incluir en la dieta limitando la aplicación de antibióticos, contribuyendo a un menor uso de aditivos con alta huella de carbono. Aunque conjeturamos a la luz de esos resultados utilizar *C. longa* como estrategia de alimentación, sin embargo, animamos a realizar más estudios a nivel inmunológico para respaldar nuestros hallazgos.

Respecto al peso final de los cuyes, el suministro de 1,30% de *C. longa* tuvo un 11% más de peso (698 g/d) que los obtenidos por Andrade-Yucailla et al. (2021) cuando se utilizó *C. longa* al 3% (620 g/d). Otros estudios realizados con pollos de engorde y gallinas ponedoras han revelado una mayor ganancia de peso vivo y una mayor conversión alimenticia cuando se suplementaron con 0,9% y 0,5% de *C. longa* (Kermanshahi & Riasi, 2006; Nadia et al., 2008). Aunque la *C. longa* se ha utilizado ampliamente como aditivo alimentario en la producción animal (Al-yasiry et al., 2017), no se ha generado información usando *C. porcellus*. De todas

formas, esta hierba perenne, debido a una amplia variedad de compuestos bioactivos, ha ganado mucha atención para su inclusión como estrategia dietética de suplementación para pequeños agricultores de los diversos sistemas productivos. Por lo tanto, en nuestro estudio, el suministro de un 2,30% resultó en una mayor conversión alimenticia que la obtenida por Al-yasiry et al. (2017) y Andrade-Yucailla et al. (2021). Sin embargo, el rendimiento en canal fue un 7% mayor en nuestro estudio que en el de Andrade-Yucailla et al. (2021) (77 frente a 71 %). Según Djoumessi-Tobou et al. (2021), los efectos del curcuminoide pueden haber favorecido la secreción de emulsiones a nivel de la vesícula biliar, facilitando la digestión de los nutrientes, lo que posiblemente explica esta mayor eficiencia alimentaria.

Por otro lado, la hipercolesterolemia es uno de los factores de riesgo más importantes para la aterosclerosis y las posteriores enfermedades cardiovasculares (Hussein et al., 2014). En este sentido, usando animales como modelo experimental, se han desarrollado varios estudios tratando de explicar la asociación entre riesgo de enfermedad coronaria e hipercolesterolemia (Hussein et al., 2014; Renes et al., 2019) En efecto, nuestros resultados, indican que los cuyes alimentados con *C. longa* al 1,30% disminuyó la concentración de lípidos en suero, debido al aumento de la actividad de la enzima colesterol-7 α -hidroxilasa tal y como fue evidenciado por Hussein et al. (2014).

En apoyo de estas evidencias, otros estudios realizados en conejos y pollos de engorde por Taha et al. (2012), Hussein et al. (2014) y Abd-EL-Latif et al. (2019), respectivamente, han informado de disminuciones significativas de las concentraciones de colesterol, triglicéridos y colesterol LDL cuando fueron alimentados con *C. longa* en dosis comprendidas entre (0,25 y 2%, sobre la base de MS). En consecuencia, podríamos hipotetizar que el efecto hipocolesterolémico de la *C. longa* puede atribuirse a su efecto estimulante sobre la enzima colesterol-7 α -hidroxilasa hepática, una enzima que regula el catabolismo del colesterol (Babu & Srinivasan, 1997). Además, Murugan y Pari (2006) observaron que los niveles de 3-hidroxi-

3-metilglutaril-coenzima A (HMG-CoA), triglicéridos y ácidos grasos libres disminuían drásticamente cuando se añadía *C. longa* como aditivo alimentario. Basados en esta evidencia, conjeturamos que la *C. longa* tiene una notable actividad antioxidante, metabólica e inmunológica, lo que la convierte en un candidato ideal para su uso en nutrición animal como alternativa a los antibióticos (Dosoky y Setzer, 2018). Finalmente, en términos económicos, nuestro estudio demuestra que el uso de *C. longa* a una dosis no superior al 1,30% podría obtener un beneficio un 40% superior a los reportados cuando cuyes son alimentados únicamente a base de 100% forraje.

Conclusión

La harina de *C. longa* incorporada a la dieta en una proporción del 1,30% mejoró significativamente el rendimiento y redujo las concentraciones séricas de lípidos. Por consiguiente, los recursos alimentarios locales pueden considerarse una alternativa sostenible para su aplicación en la producción animal. Además, ayudará a promover la reducción de la dependencia de productos con alta huella de carbono en un escenario de lucha contra el cambio climático.

Referencias bibliográficas

- Abd-EL-Latif, S. ., Toso, M. ., Elwa, H. A. ., & Helpawy, E. . (2019). Effect of Dietary Growth Promoters on Some Physiological Responses of Growing Rabbits. *Acta Scientific Medical Sciences*, 3:66-70. <https://doi.org/10.31080/asms.2019.03.0442>
- Al-yasiry, A. R. ., Kiczorowski, P., & Winiarska-mieczan, A. (2017). The natural feed additives as immunostimulants in monogastric animal nutrition – a review. *Ann. Anim. Sci*, 17:605-625. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0076>
- Anand, P., Kunnumakkara, A. ., Newman, R. ., & Aggarwal, B. . (2007). reviews Bioavailability of Curcumin : Problems and Promises. *Molecular Pharmaceutics*, 4:807-

818.

- Andrade-Yucailla, V., Rios-Arias, D., Cuvi-Gamboa, C., Acosta-Lozano, N., Pinos, N., & Masaquiza, D. (2021). Comportamiento productivo de *Cavia porcellus* en la fase de engorde con la inclusión de *Curcuma longa* como promotor de crecimiento. *Ciencia y Tecnología Al Servicio Del Pueblo*, 8:92-102.
- Ashraf, K., & Sultan, S. (2017). A comprehensive review on *Curcuma longa* Linn.: Phytochemical, pharmacological, and molecular study. *International Journal of Green Pharmacy*, 11:S671-S685.
- Babu, P. ., & Srinivasan, K. (1997). Hypolipidemic action of curcumin, the active principle of turmeric (*Curcuma longa*) in streptozotocin induced diabetic rats. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 166:169-175. <https://doi.org/10.1023/A:1006819605211>
- Biermann, F., Kanie, N., & Kim, R. . (2017). Global governance by goal-setting: the novel approach of the UN Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 26:26-31. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.01.010>
- Clavo-Majuan, E. (2015). *Cúrcuma (Curcuma longa), Romero (Rosmarinus officinalis) y Canela (Cinnamomum zeylanicum), en proporción 50:30:20; en la dieta de pollos de engorde (non-English language). Tesis de grado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.*
- De-Jongh, E. ., Harper, S. ., Yamamoto, S. ., Wright, C. ., Wilkinson, C. ., Ghosh, S., & Otto, S. J. . (2022). One Health, One Hive: A scoping review of honey bees, climate change, pollutants, and antimicrobial resistance. *PLoS ONE*, 17:e0242393. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242393>
- Den-Hartog, L. ., & Sijtsma, S. . (2013). *Challenges and opportunities in animal feed and nutrition. 11th World Conference on Animal Production.* 1–15.
- Dias-Ferreira, F., Kimmelmeier, C., Cristina, C., Luciana, C., Augusto, C., Janeiro, V., Maery, F., Ferreira, D., Aparecida, S., Mossini, G., Leite, E., & Machinski, M. (2013). Inhibitory effect of the essential oil of *Curcuma longa* L. and curcumin on aflatoxin production by *Aspergillus flavus* Link. *Food Chemistry*, 136:789-793. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.003>
- Dicke, M. (2018). Insects as feed and the Sustainable Development Goals. *Journal of Insects as Food and Feed*, 4:147-156. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0003>
- Djournessi-Tobou, G. F., Tendonkeng, F., Miegoue, E., Emale, C., Wauffo, D. ., & Jean-Luc, H. (2021). Effects of graded levels of *Curcuma longa* Powder on in vivo digestibility in Guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Tropicicultura*, 39:1847. <https://doi.org/10.25518/2295-8010.1847>
- Dosoky, N. ., & Setzer, W. . (2018). Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oils of *Curcuma* Species. *Nutrients*, 10, 1196. <https://doi.org/10.3390/nu10091196>

- FAO. (2021). *Antimicrobial Resistance and the United Nations Sustainable Development Cooperation Framework: Guidance for United Nations Country Teams*.
- Guerrero-Pincay, A. ., González-Marcillo, R. ., Guamàn-Castro, W. ., Naveda-Ortiz, N. ., Reascos-Grefa, D. ., & Guamàn-Rivera, S. A. (2020). Influence of litter size at birth on productive parameters in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Animals*, 10: 2059. <https://doi.org/10.3390/ani10112059>
- Guzman, E., & Montoya, M. (2018). Contributions of farm animals to immunology. *Frontiers in Veterinary Science*, 5,307. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00307>
- Hassaninasab, A., Hashimoto, Y., Tomita-yokotani, K., & Kobayashi, M. (2011). Discovery of the curcumin metabolic pathway involving a unique enzyme in an intestinal microorganism. *PNAS*, 108:6615–6620. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016217108>
- Hussein, S. ., El-senosi, Y. ., Ragab, M. ., Hammad, M. M. ., & Apo, A. (2014). Hypolipidemic effect of curcumin in hyper-cholesterolemic rats. *Benha Veterinary Medical Journal*, 2:277-289.
- INAMHI. (2021). *Dirección Gestión Meteorológica Estudios e Investigaciones Meteorológicas, Ecuador. Last accessed on 18th January 2023* www.serviciometeorologico.gob.ec. 1–12.
- Itokawa, H., Shi, Q., Akiyama, T., Morris-natschke, S. ., & Kuo-hsiung, L. (2008). Recent advances in the investigation of curcuminoids. *Chinese Medicine*, 13:1-13. <https://doi.org/10.1186/1749-8546-3-11>
- Karášková, K., Suchý, P., & Straková, E. (2015). Current use of phytogetic feed additives in animal nutrition: a review. *Czech Journal of Animal Science*, 60:521-530. <https://doi.org/10.17221/8594-CJAS>
- Kermanshahi, H., & Riasi, A. (2006). Effect of Turmeric Rhizome Powder (*Curcuma longa*) and Soluble NSP Degrading Enzyme on Some Blood Parameters of Laying Hens. *International Journal of Poultry Science*, 5:494-498.
- Lammers, P. ., Carlson, S. ., Zdorkowski, G. ., & Honeyman, M. . (2009). Reducing food insecurity in developing countries through meat production: The potential of the guinea pig (*Cavia porcellus*). *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24:155-162. <https://doi.org/10.1017/S1742170509002543>
- Li, Y., Hou, S., Peng, W., Lin, Q., Chen, F., Yang, L., Li, F., & Huang, X. (2019). Oral Administration of *Lactobacillus delbrueckii* during the Suckling Phase Improves Antioxidant Activities and Immune Responses after the Weaning Event in a Piglet Model. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*.
- Maron, D. ., Smith, T. J. ., & Nachman, K. . (2013). Restrictions on antimicrobial use in food animal production : an international regulatory and economic survey. *Globalization and Health*, 9:48.
- Morales, E. R., & Ruiz, D. R. . (2022). Microbiota Probióticos Prebióticos. *ANALES DE*

Probióticos Microbiota Prebióticos, 7–9.

- Murugan, P., & Pari, L. (2006). Effect of Tetrahydrocurcumin on Lipid Peroxidation and Lipids in Streptozotocin-Nicotinamide-Induced Diabetic Rats. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology* 2006, 99:122-127.
- Nadia, R., Hassan, R. ., Qota, E. ., & Fayek, H. . (2008). Effect of Natural Antioxidant on Oxidative Stability of Eggs and Productive and Reproductive Performance of Laying Hens. *International Journal of Poultry Science*, 7:134-150.
- O'Neill, J. (2016). *Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations*. Available from: <https://amr-review.org/Publications.htm>.
- OIE. (2020). *World Organisation for Animal Health. Protenting animals, preserving our future*. Last accessed on 22/10/2022. www.oie.int/en.
- ONU. (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. Accessed on 03 January 2023.
- Pamela, E., Golding, S., Rosmalen, J. ., Vinueza-burgos, C., Verbon, A., & Schaik, G. . (2023). Antibiotic prescription patterns and non-clinical factors influencing antibiotic use by Ecuadorian veterinarians working on cattle and poultry farms : A cross-sectional study. *Preventive Veterinary Medicine*, 213:105858. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2023.105858>
- Pascual, M., Cruz, D. ., & Blasco, A. (2017). Modeling production functions and economic weights in intensive meat production of guinea pigs. *Tropical Animal Health and Production*, 49:1361-1367. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1334-4>
- Rajkumari, S., & Sanatombi, K. (2018). Nutritional value , phytochemical composition , and biological activities of edible Curcuma species : A review. *International Journal of Food Properties*, 20:2668-2687. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1387556>
- Renes, E., Gómez-Cortés, P., de la Fuente, M. A., Fernández, D., Tornadijo, M. E., & Fresno, J. M. (2019). Effect of forage type in the ovine diet on the nutritional profile of sheep milk cheese fat. *Journal of Dairy Science*, 103:63–71. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17062>
- Sánchez-Macías, D., Castro, N., Rivero, M. ., Argüello, A., & Morales-Delanuez, A. (2016). Proposal for standard methods and procedure for Guinea pig carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Journal of Applied Animal Research*, 44:65-70. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1006234>
- Sánchez-Macías, D., Castro, N., Rivero, M. A., Argüello, A., & Morales-delaNuez, A. (2016). Proposal for standard methods and procedure for guinea pig carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Journal of Applied Animal Research*, 44:65-70. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1006234>
- Shoba, D. ., Thangam, M. ., Rajendran, R., Srinivas, P. S. S. ., & Joy, G. (1998). Influence of Piperine on the Pharmacokinetics of Curcumin in Animals and Human Volunteers. *Planta Med*, 64:353-356. <https://doi.org/10.1055/s-2006-957450>

- Taha, N. ., Lebda, M. ., Korshom, M. ., Mandour, A. E. ., & Elmorshey, M. . (2012). Biochemical effect of ginger on some blood and liver parameters in male Newzeland rabbits. *Online Journal of Animal and Feed Research*, 2:197-202.
- Tobou-Djoumessi, F. ., Tendonkeng, F., Miégoué, E., Noel-Noumbissi, B. ., Fokom-Wauffo, D., Mube-Kuitche, H., & Ebile-Agwah, D. (2020). Effect of Dietary Incorporation of Curcuma longa Powder on Haematology and Serological Properties of Guinea Pigs (*Cavia porcellus*). *Open Journal of Animal Sciences*, 10:750-760. <https://doi.org/10.4236/ojas.2020.104049>
- Valenzuela-Grijalva, N. ., Pinelli-Saavedra, A., Muhlia-Almazan, A., Domínguez-Díaz, D., & González-Ríos, H. (2017). Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. *Journal of Animal Science and Technology*, 59:8. <https://doi.org/10.1186/s40781-017-0133-9>
- Van-Boeckel, P. ., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, T. ., Levina, S. ., Robinson, P. ., Teillant, A., & Laxminarayan, R. (2015). Global trends in antimicrobial use in food animals. *PNAS*, 18:5649–54. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503141112>
- Yu, H., Shi, K., Liu, D., & Huang, Q. (2012). Development of a food-grade organogel with high bioaccessibility and loading of curcuminoids. *Food Chemistry*, 131:48-54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.027>
- Yuebin, Z., Florently, Liena, & Fioni. (2019). Effects of Curcuma Longa Ethanol Extract on Isolated Guinea Pigthile Smooth Muscle in Acetylcholine Induction. *BloEx-Journal*, 4:13-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.33258/bioex.v4i1.540-13->