

# Efecto de la suplementación de microencapsulados de aceites esenciales de *Stachys arvensis* "Pedorra", *Eugenia punicifolia* "Unquia" y *Salvia sagittata* "Salvia Azul" sobre los parámetros productivos y morfología intestinal en pollos de engorde

## Effect of supplementation with microencapsulated essential oils of *Stachys arvensis* "Pedorra", *Eugenia punicifolia* "Unquia" y *Salvia sagittata* "Salvia Azul" on production parameters and intestinal morphology in broiler chickens

Gilmar Mendoza-Ordoñez<sup>1\*</sup>, Noé Costilla-Sánchez<sup>2</sup>, Paola Salirrosas-León<sup>1</sup>, Bruno Loyaga-Cortéz<sup>1</sup>, Alfredo Fernández-Reyes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal. Trujillo, Perú.

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería Química, Laboratorio de Métodos Instrumentales. Trujillo, Perú.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería Química. Piura, Perú.

\*Autor para correspondencia: [gmendoza@untru.edu.pe](mailto:gmendoza@untru.edu.pe)

### RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo investigar el efecto de la suplementación dietética de diferentes aceites esenciales microencapsulados sobre los parámetros productivos y morfología intestinal de pollos de engorde. Un total de 100 pollos de engorde Cobb 500 machos se asignaron aleatoriamente a cuatro tratamientos (T) dietéticos. El grupo control (T0) fue alimentado con una dieta comercial sin aditivos, mientras que los grupos experimentales recibieron suplementación de aceites esenciales de Unquia (T1), Salvia Azul (T2) y Pedorra (T3). Los resultados mostraron que el grupo T2 obtuvo los valores más altos ( $P < 0,05$ ) para peso final, ganancia de peso diario y consumo de alimento. La tasa de conversión fue significativamente menor en los grupos T2 y T3. Además, los grupos experimentales presentaron el menor rendimiento de grasa abdominal ( $P < 0,05$ ). En el día 42, el grupo T2 aumentó la altura y ancho de vellosidad ( $P < 0,05$ ); así mismo, T0 presentó el menor valor en profundidad de cripta. En conclusión, la suplementación dietética de los aceites esenciales microencapsulados mejora los parámetros productivos y la morfología intestinal en pollos de engorde.

**Palabras clave:** Aceites esenciales; microencapsulación; pollos de engorde; parámetros productivos, morfología intestinal

### ABSTRACT

The present study aimed to investigate the effect of dietary supplementation of different microencapsulated essential oils on productive parameters and intestinal morphology of broiler chickens. A total of 100 Cobb 500 male broilers were randomly assigned to four dietary treatments (T). The control group (T0) was fed with a commercial diet without additives, while the experimental groups received supplementation of essential oils of Unquia (T1), Salvia Azul (T2) and Pedorra (T3). The results showed that the T2 group obtained the highest values ( $P < 0.05$ ) for final weight, daily weight gain and food consumption. The conversion rate was significantly lower in the T2 and T3 groups. In addition, the experimental groups presented the lowest yield of abdominal fat ( $P < 0.05$ ). On day 42, the T2 group increased villus height and width ( $P < 0.05$ ); likewise, T0 presented the lowest value in crypt depth. In conclusion, dietary supplementation of microencapsulated essential oils improves productive parameters and intestinal morphology in broiler chickens.

**Key words:** Essential oils; microencapsulation; broiler chickens; performance; intestinal morphology

## INTRODUCCIÓN

La industria avícola es uno de los sectores con mayor crecimiento a nivel mundial, a su vez, ésta provee una de las principales fuentes de proteína animal para la nutrición humana a nivel mundial [1]. Durante muchos años, los avicultores han estado utilizando antibióticos promotores del crecimiento (APC) con el fin de generar un crecimiento más rápido de los animales en el menor tiempo posible, para aumentar la tasa de asimilación del alimento y reducir la incidencia de mortalidad [2]. Hoy en día, el uso de APC en la alimentación animal se ha visto limitado debido a la creciente demanda, a las exigencias del mercado consumidor y la generación de resistencias cruzadas a los antibióticos [3, 4]. Esto, junto al rápido agotamiento de la cartera de antimicrobianos utilizados para la alimentación y la cría de animales, los patógenos avícolas resistentes pueden conducir al fracaso del Tratamiento (T), lo que generaría pérdidas económicas, pero mucho más importante, se convertiría en una fuente de bacterias resistentes con importantes consecuencias para la salud animal y, potencialmente, para la salud humana, es por ello que, se ha visto conveniente producir pollos (*Gallus gallus domesticus*) de carne libre de APC [5, 6].

En los últimos años se han buscado alternativas viables al uso de APC, generando la necesidad de reemplazarlos con aditivos naturales de origen vegetal, siendo una de ellas los aceites esenciales, los cuales poseen compuestos activos con potenciales beneficios, por lo que se utilizan como aditivos de alimentos seguros, sanos y nutritivos que podrían ser usados como promotores de crecimiento en la alimentación animal [7].

Diversos estudios han demostrado que el uso de aceites esenciales (AE) en combinación o solos afectan el peso corporal de las aves debido a su repercusión sobre los procesos digestivos, aunque estos resultados dependen significativamente del número y tipo de aves [8, 9]. Se demostró que, en pollos de engorde, los AE tienen efectos fuertemente relacionados en muchas vías metabólicas como agentes ricos en compuestos antimicrobianos, antiinflamatorios y antioxidantes que pueden mejorar la eficiencia en la utilización del alimento, así como el rendimiento y los beneficios económicos en la producción de pollos de engorde, lo que resulta en una mayor digestibilidad de los nutrientes, integridad intestinal y perfil de metabolitos [10, 11]. Lo hallado por Sidiropoulou *et al.* [9] e Irawan [10] sugiere que el uso de AE solos o en combinación afectan el rendimiento de las aves debido a su incidencia sobre los procesos digestivos, aunque estos resultados dependen significativamente del número y tipo de aves.

Los AE son mezclas complejas de compuestos volátiles extraídos de diferentes partes de las plantas por diferentes métodos. Para superar la limitación de que los AE sean altamente volátiles y reactivos, la microencapsulación se ha convertido en uno de los métodos adecuados para retener y controlar estos compuestos, para protegerlos de la degradación y la evaporación, permitiendo mejorar el envío de ingredientes activos, estabilizarlos, preservar la biodisponibilidad, prolongar la vida útil, enmascarar olores y sabores. Esto a través de una cubierta que protege al compuesto activo de la atmósfera exterior, permitiendo múltiples usos en la industria alimentaria [12, 13]. La técnica de secado por aspersión es la mejor, por su simplicidad, bajo costo y alta estabilidad, generalmente basada en la dispersión o disolución del ingrediente activo con el material de pared para formar una mezcla fluida, que luego se rocía en una cámara caliente. Por lo cual, el solvente del material de pared se evapora, quedando microgotas, las cuales se solidifican formando la matriz, núcleo y pared [14].

Varios estudios señalan que la microencapsulación de AE, generó efectos beneficiosos incluso en comparación a los AE en forma libre [15, 16]. Sin embargo, no hay estudios donde se evalué los efectos en AE como *Stachys arvensis* "Pedorra", *Eugenia punicifolia* "Unquia" y *Salvia sagittata* "Salvia Azul". Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de la suplementación dietética de microencapsulados de AE de *Stachys arvensis* "Pedorra", *Eugenia punicifolia* "Unquia" y *Salvia sagittata* "Salvia Azul" sobre los parámetros productivos y morfología intestinal en pollos de engorde.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño experimental y dietas

Los animales fueron manipulados siguiendo los lineamientos del código de ética para la investigación de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Un total de 100 pollos de engorde Cobb 500, machos, se asignaron aleatoriamente a cuatro T dietéticos con 5 repeticiones por T y 5 aves por repetición. Todos se colocaron en el mismo corral de aves en una granja local, cada réplica en un corral (1 m × 0,45 m). El grupo control (T0) fue alimentado con una dieta comercial sin aditivos, mientras que los demás T (T1, T2 y T3) recibieron una dieta suplementada con una dosis de 150 mg·kg<sup>-1</sup> a base de AE microencapsulados de tres plantas nativas como son la Unquia (*Eugenia punicifolia* (Kunth) DC.), Salvia Azul (*Salvia sagittata* Ruiz & Pav.) y Pedorra (*Stachys arvensis* (L.) L.), respectivamente.

Las aves se criaron en cama de paja triturada y cada corral estuvo equipado con bebederos de niple (Imacol, Imacol E.I.R.L., Perú) y comederos de plástico (Imacol, Imacol E.I.R.L., Perú) para proporcionar agua y alimento *ad libitum*. Como se muestra en la TABLA I, las aves fueron alimentadas con tres dietas diferentes en su aporte nutricional: iniciador (1-11 d), crecimiento (12-21 d) y finalizador (22-42 d). Tanto las dietas control como las dietas con microencapsulados de AE tuvieron el mismo valor nutritivo. La composición de nutrientes en cada dieta basal se balanceó para cubrir los requerimientos nutricionales de los pollos de acuerdo con las tablas de composición de alimentos y requerimientos nutricionales de Rostagno y col. [17].

Todas las aves fueron vacunadas contra el virus de Newcastle, Bronquitis infecciosa, Marek y Gumboro, con la finalidad de evitar mortalidad y sesgo por signos clínicos pos-desafío [18]. El programa de luz y las condiciones microclimáticas se tomaron bajo estricto control de acuerdo con las pautas generales del manual de usuario de Cobb-Vantress [19].

### Microencapsulación de aceites esenciales

El proceso de microencapsulación se llevó a cabo en el laboratorio de Métodos Instrumentales, Facultad de Química, Universidad Nacional de Trujillo. Los AE se obtuvieron de plantas recolectadas del "Cerro Botica" y alrededores de la ciudad de Cachicadán, distrito de la provincia de Santiago de Chuco, región La Libertad. Las plantas fueron deshojadas, posteriormente lavadas con agua destilada y se pusieron a secar por un lapso de 24 horas. Luego, se depositó entre 300 a 400 g de hojas en un equipo Clevenger (TE-2761, Tecnal, Brasil) para obtener los aceites por medio de hidrodestilación. La microencapsulación de los aceites esenciales se realizó siguiendo la metodología de Fioramonti y col. [20], con algunas modificaciones. El proceso de microencapsulado se llevó en un equipo Micro Spray Dryer (LSD-48, Jay Instruments and Systems Pvt. Ltd, India) mediante la técnica de secado por aspersión con una temperatura de entrada

**TABLA I**  
**Ingredientes y composición química de la dieta utilizadas**

Ingredientes	Dietas		
	Inicio (1-11 Días)	Crecimiento (12-21 Días)	Finalización (22-42 Días)
g·100 g <sup>-1</sup> como ofrecido			
Maíz	61,11	67,31	69,49
Torta de soya 48%	32,58	27,12	24,37
Aceite de soya	2,98	2,58	3,38
Carbonato de calcio	1,02	0,98	0,91
Fosfato dicálcico	0,89	0,78	0,60
Sal	0,33	0,25	0,20
Metionina 99%	0,26	0,21	0,20
Lisina	0,23	0,20	0,20
Treonina	0,06	0,05	0,04
Colina	0,05	0,05	0,05
Bicarbonato de sodio	0,10	0,10	0,10
Coccidiostato	0,05	0,05	0,05
Xilanasa	0,01	0,01	0,01
Fitasa	0,01	0,01	0,01
Premezcla de vitaminas y minerales*	0,12	0,11	0,10
Secuestrante de micotoxinas	0,20	0,20	0,20
Pigmentante	0,00	0,00	0,10
Composición Química, g·100 g <sup>-1</sup> MS			
Energía metabolizable (kcal·kg <sup>-1</sup> )	3060,00	3139,99	3260,00
Proteína cruda	21,29	18,38	17,81
Calcio	0,96	0,91	0,91
Sodio	0,18	0,17	0,17
Fosforo	0,18	0,17	0,17
Lisina	1,26	1,22	1,02
Metionina y Cisteína	0,93	0,92	0,78

\*: Por kg contiene 12.000.000 UI de vitamina A; 5.000.000 UI de vitamina D3; 30.000 UI de vitamina D; 3 g de vitamina K3; 2 g de vitamina B1; 10 g de vitamina B2; 3 g de vitamina B6; 0,015 g de vitamina B12; 11 g de vitamina B5; 2 g vitamina B9; 30 g vitamina B3; 0,15 g vitamina B7; 80 g manganeso; 80 g zinc; 50 g hierro; 12 g cobre; 1 g yodo; 0,3 g selenio y excipientes. MS: Materia Seca

de 190°C, temperatura de salida de 90°C, velocidad de operación de 30 rpm, aspiración 1400 de rpm, vacío del sistema de 100 mm de columna de agua (wc) y una presión de 2 kg·cm<sup>-2</sup>.

### Parámetros productivos

El consumo de alimento (kg) y el peso corporal (kg) se registraron semanalmente. La conversión alimenticia se calculó semanalmente como el alimento consumido (kg) dividido entre el incremento de peso vivo (kg) para cada T. La ganancia de peso diaria se calculó a partir del aumento total de peso (kg) dividido entre el total de días del periodo de prueba. Para hallar el rendimiento de carcasa, se dividió el peso de la carcasa (kg) sobre el peso final del pollo vivo (kg) y luego se expresó en porcentaje. Así mismo, para el rendimiento de grasa

abdominal, se dividió el peso de grasa abdominal (kg) sobre el peso de carcasa (kg) y luego se expresó en porcentaje.

### Morfología intestinal

Se sacrificaron tres pollos por T a los 14; 28 y 42 días de edad, y se tomaron muestras de 1 cm de duodeno. Todas las muestras extraídas se lavaron con solución salina fría, luego se pesaron en una balanza electrónica (Isolab, 6200 gr, Alemania) y luego fueron conservadas en formalina al 10 % durante 48 h. Las muestras de tejido se deshidrataron transfiriéndolas a través de una serie de alcoholes con concentraciones crecientes, se colocaron en xilol y se incluyeron en queroseno utilizando un centro de inclusión de queroseno (Microm EC 350, Thermo Scientific, EUA). De cada muestra, se tiñeron secciones de 5 µm de espesor con hematoxilina y eosina. La longitud de la vellosidad se midió desde el ápice de la vellosidad hasta el ápice de la entrada a la cripta y el ancho de la vellosidad se midió en el punto medio vertical de la vellosidad elegida, y la profundidad de la cripta, se midió desde la entrada de la misma hasta la zona basal. Se midieron cinco vellosidades para cada muestra. Para el estudio morfométrico se capturaron imágenes mediante un microscopio óptico (Axiolab, Zeiss, Alemania) y un sistema computarizado de análisis de imágenes (Zen Blue Edition 3.0, Zeiss, Alemania) que permitió obtener los datos.

### Análisis estadístico

Para probar el efecto del tratamiento dietético, los datos sobre los parámetros productivos y morfología intestinal se analizaron mediante ANOVA de una o dos vías, según correspondiera. Las diferencias entre medias se evaluaron mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Se consideró estadísticamente significativa una  $P \leq 0,05$ . Los valores se expresan como la media  $\pm$  error estándar de la media (SEM), y para el análisis estadístico se utilizó el software SPSS (North Castle, NY, EUA).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Parámetros productivos

Los efectos de la suplementación de AE microencapsulados en la dieta sobre los indicadores de desempeño en pollos de engorde se muestran en la TABLA II. Los T experimentales (T1, T2 y T3) aumentaron con respecto al control en el peso final y ganancia de peso diario ( $P < 0,05$ ), el T2 alcanzó el mayor peso final y ganancia de peso diaria ( $P < 0,05$ ). Asimismo, el T2 logró el mayor consumo de alimento con respecto a los otros T incluyendo el control ( $P < 0,05$ ). En conversión alimenticia y rendimiento de grasa abdominal los T experimentales fueron menores con respecto al control ( $P < 0,05$ ). En cuanto el rendimiento de carcasa, no se hallaron diferencias entre tratamientos ( $P > 0,05$ ).

Es prioridad para la industria avícola buscar alternativas efectivas para los APC. En este aspecto, los AE extraídos de plantas medicinales son reconocidos como una alternativa potencial debido a su alta seguridad y efectos biológicos beneficiosos los cuales tienen como resultado una mejora en los parámetros productivos [10, 21, 22, 23]. Se ha comprobado en diferentes estudios que el AE de Unquia, Salvia Azul y Pedorra presentan principalmente mono y sesquiterpenoides, además, de otros principios activos los cuales tienen capacidad antiinflamatoria, antioxidante y antibacteriana evidenciando su efecto terapéutico [24, 25, 26] y perfil confiable en la industria alimentaria [27, 28, 29, 30, 31]. Investigaciones realizadas

en pollos de engorde en diferentes tipos de AE como Anís (*Pimpinella anisum*), Romero (*Rosmarinus officinalis*), Tomillo (*Thymus vulgaris* L), Orégano (*Origanum vulgare* L), Hierbabuena (*Mentha spicata*) y Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) Hesabi et al. [32] y Reyer et al. [33], Bahr et al. [34] y con monoterpenoides aislados Di et al. [35] comprueban que poseen influencia en la mejora de los parámetros productivos, además, usando métodos de acoplamiento de proteínas y ligándolos entre ellos, dado que sugieren, que los principales químicos de los AE poseen actividad reductora del colesterol. Entre los mecanismos propuestos, habría un agonismo directo sobre los receptores activados por proliferadores de peroxisomas (PPAR) y, en segundo lugar, una interacción directa con los dominios sensores de esteroides, motivos que se encuentran en proteínas reguladoras de esteroides clave como la HMG-CoA reductasa. En particular, estas interacciones directas provocan una disminución de la transcripción y una degradación acelerada de la HMG-CoA reductasa. Pudiendo deberse a ello efecto de los AE microencapsulados en la reducción de rendimiento de grasa abdominal. Por lo cual ésta mejor respuesta en la producción y efecto reductor de grasa abdominal puede deberse a los mono y sesquiterpenoides presentes en los AE estudiados, la respuesta superior en el AE esencial de Salvia Azul podría deberse a la presencia del Cariofileno, un sesquiterpenoide que está presente en mayor cantidad en esta planta [28, 30]. Este compuesto posee varias actividades biológicas como antibacteriana, antioxidante, gastroprotectora, ansiolítica y antiinflamatoria [36].

**TABLA II**  
Efecto de la suplementación dietética de aceites esenciales microencapsulados en los parámetros productivos de pollos de engorde

Ítem	Tratamientos				SEM <sup>1</sup>	P-valor <sup>2</sup>
	T0	T1	T2	T3		
Peso final (kg)	3,04 <sup>c</sup>	3,13 <sup>bc</sup>	3,45 <sup>a</sup>	3,23 <sup>b</sup>	0,039	0,000
Consumo de alimento (kg)	5,67 <sup>ab</sup>	5,28 <sup>b</sup>	5,76 <sup>a</sup>	5,55 <sup>ab</sup>	0,061	0,019
Conversión alimenticia (kg·kg <sup>-1</sup> )	1,86 <sup>b</sup>	1,68 <sup>a</sup>	1,66 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	0,020	0,000
Ganancia de peso diario (g)	72,38 <sup>c</sup>	74,52 <sup>bc</sup>	82,14 <sup>a</sup>	76,90 <sup>b</sup>	0,001	0,000
Rendimiento Carcasa (%)	70,63	70,83	71,13	70,72	0,225	0,893
Rendimiento de grasa abdominal (%)	5,80 <sup>b</sup>	4,53 <sup>a</sup>	4,51 <sup>a</sup>	4,48 <sup>a</sup>	0,139	0,000

Los tratamientos incluyen – Grupo de control (T0): recibió una dieta convencional suplementada sin aditivos. Los grupos experimentales recibieron una dieta suplementada con AE microencapsulado de Unquia (T1), Salvia Azul (T2) y Pedorra (T3). <sup>a,b,c</sup>Las medias con diferentes superíndices dentro de las filas difieren significativamente ( $P < 0,05$ ). <sup>1</sup>SEM: error estándar de las medias. <sup>2</sup>P-valor asociados con el tratamiento dietético

### Morfología intestinal

El efecto de la suplementación de AE microencapsulados en el intestino delgado en pollos de engorde en los días 14; 28 y 42 se muestra en la TABLA III. A nivel de duodeno, en el día 28 los T2 y T3 obtuvieron mayor anchura de vellosidades con respecto a los otros T ( $P < 0,05$ ). El día 42, con respecto a la altura de vellosidades T2 obtuvo el mayor valor en comparación a los otros T ( $P < 0,05$ ). Además, T2 y T3 lograron mayor anchura de vellosidades con respecto a los otros T ( $P < 0,05$ ).

**TABLA III**  
Efecto de la suplementación dietética de aceites esenciales microencapsulados sobre la morfología intestinal de pollos de engorde en los días 24; 28 y 42 de edad

Ítem	Día 14				SEM	P-valor
	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3		
Longitud de vellosidad	1186,08	1203,71	1240,33	1238,54	13,189	0,405
Ancho de vellosidad	211,52	253,31	266,71	264,03	8,438	0,060
Profundidad de cripta	308,81	332,42	320,35	314,66	9,142	0,847
L/P	3,85	3,71	3,9	3,98	0,093	0,791
Ítem	Día 28				SEM	P-valor
	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3		
Longitud de vellosidad	1216,95	1260,54	1285,45	1278,13	11,225	0,123
Ancho de vellosidad	216,09 <sup>b</sup>	240,59 <sup>ab</sup>	317,18 <sup>a</sup>	310,01 <sup>a</sup>	14,182	0,010
Profundidad de cripta	297,93	305,86	307,78	339,12	7,860	0,274
L/P	4,11	4,14	4,23	3,79	0,098	0,444
Ítem	Día 42				SEM	P-valor
	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3		
Longitud de vellosidad	1243,55 <sup>b</sup>	1268,83 <sup>ab</sup>	1365,35 <sup>a</sup>	1287,42 <sup>ab</sup>	16,988	0,049
Ancho de vellosidad	217,87 <sup>b</sup>	261,6 <sup>ab</sup>	316,66 <sup>a</sup>	317,08 <sup>a</sup>	12,447	0,002
Profundidad de cripta	303,85 <sup>b</sup>	366,92 <sup>ab</sup>	343,56 <sup>ab</sup>	379,29 <sup>a</sup>	10,311	0,034
L/P	4,24	3,46	3,99	3,41	0,139	0,080

Los tratamientos incluyen – Grupo de control (T0): recibió una dieta convencional suplementada sin aditivos. Los grupos experimentales recibieron una dieta suplementada con AE microencapsulado de Unquia (T1), Salvia Azul (T2) y Pedorra (T3). <sup>a,b</sup>Las medias con diferentes superíndices dentro de las filas difieren significativamente ( $P < 0,05$ ). <sup>1</sup>SEM: error estándar de las medias. <sup>2</sup>P-valor asociados con el tratamiento dietético

En profundidad de cripta, el T3 obtuvo una mayor profundidad de cripta en comparación con los otros T ( $P < 0,05$ ).

En general, los AE tienden a aumentar la altura de las vellosidades intestinales y a reducir la profundidad de las criptas, lo que provoca un predominio de bacterias del ácido láctico y una disminución de las poblaciones de coliformes en el duodeno [37]. Aunque, en ciertos aceites como Canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y Clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) que también poseen monos y sesquiterpenoides como Cariofileno, al evaluar su efecto en la morfología intestinal de pollos de engorde se vio un aumento, tanto en la profundidad de cripta y longitud de vellosidad [38, 39], resultados que son consistentes con este estudio, siendo el T con AE de Salvia Azul, el cual posee mayor altura y ancho de vellosidad, pudiendo deberse a la presencia de este compuesto. Se puede apreciar que hay una mayor superficie de absorción en consecuencia a un aumento de la mitosis de las células epiteliales, lo que favorece la renovación epitelial y, por tanto, aumenta la superficie de absorción de nutrientes [40]. Estos hallazgos podrían incentivar futuras investigaciones sobre el impacto del AE de Salvia Azul y Cariofileno en las dietas de pollos de engorde.

## CONCLUSIONES

Los aceites esenciales de *Stachys arvensis* "Pedorra", *Eugenia punicifolia* "Unquia" y *Salvia sagittata* "Salvia Azul" mostraron un buen potencial como promotores de crecimiento. Específicamente, el aceite esencial de *Salvia sagittata* "Salvia Azul" obtuvo los mejores resultados, mejorando el peso final, ganancia de peso diario, conversión alimenticia y rendimiento de grasa abdominal, y tuvieron una influencia positiva en el desarrollo de la altura y ancho de las vellosidades intestinales en pollos de engorde.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agracen a CONCYTEC y Banco Mundial por el gran apoyo brindado al "Mejoramiento y ampliación de los servicios del sistema nacional de ciencia y tecnología e innovación tecnológica", a través de su unidad ejecutora ProCiencia 8682-PE, contrato N°Contrato N° 075 - 2018 - FONDECYT - BM - IADT.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés en el presente trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Paul SS, Rama-Ra SV, Hegde N, Williams NJ, Chatterjee RN, Raju MVLN, Reddy GN, Kumar V, Phani-Kumar PS, Mallick S, Garji M. Effects of Dietary Antimicrobial Growth Promoters on Performance Parameters and Abundance and Diversity of Broiler Chicken Gut Microbiome and Selection of Antibiotic Resistance Genes. *Front. Microbiol.* [Internet]. 2022; 13:905050. doi: <https://doi.org/kkzm>
- [2] Muaz K, Riaz M, Akhtar S, Park S, Ismail A. Antibiotic Residues in Chicken Meat: Global Prevalence, Threats, and Decontamination Strategies: A Review. *J. Food Protect.* [Internet]. 2018; 81(4):619-627. doi: <https://doi.org/gdbq3z>
- [3] Galli GM, Aniecvski E, Petrolli TG, Rosa G, Boiago MM, Simões CADP, Wagner R, Copetti PM, Morsch VM, Araujo DN, Marcon H, Pagnussatt H, Santos HV, Mendes RE, Loregian KE, Da Silva ASD. Growth performance and meat quality of broilers fed with microencapsulated organic acids. *Anim. Feed Sci. Technol.* [Internet]. 2021; 271:114706. doi: <https://doi.org/gmzbnq>
- [4] Manafi M, Khalaji S, Hedayati M, Pirany N. Efficacy of *Bacillus subtilis* and bacitracin methylene disalicylate on growth performance, digestibility, blood metabolites, immunity, and intestinal microbiota after intramuscular inoculation with *Escherichia coli* in broilers. *Poult. Sci.* [Internet]. 2017; 96(5):1174-1183. doi: <https://doi.org/kkzn>
- [5] Van Boeckel TP, Pires J, Silvester R, Zhao C, Song J, Criscuolo NG, Gilbert M, Bonhoeffer S, Laxminarayan R. Global Trends in Antimicrobial Resistance in Animals in Low-And Middle-Income Countries. *Sci.* [Internet]. 2019; 365:6459. doi: <https://doi.org/gf85mx>
- [6] Nhung NT, Chansiripornchai N, Carrique-Mas JJ. Antimicrobial Resistance in Bacterial Poultry Pathogens: A Review. *Front. Vet. Sci.* [Internet]. 2017; 4:126. doi: <https://doi.org/gbtcpq>
- [7] Ardoino SM, Toso RE, Toribio MS, Álvarez HL, Mariani E, Cachau PD, Mancilla MV, Oriani DS. Antimicrobianos como promotores de crecimiento (AGP) en alimentos balanceados para aves: uso, resistencia bacteriana, nuevas alternativas y opciones de reemplazo. *Cien. Vet. Univ. Nac. Plata.* [Internet]. 2017; 19(1):50-66. doi: <https://doi.org/kmgp>
- [8] Nogueira W, Rippel D, Almeida A, Santos E, Wenceslau R, Ferreira F. Lemon grass essential oil on productive characteristics of broiler chickens. *Acta Vet. Brasilica.* [Internet]. 2017; 11(2):93-97. doi: <https://doi.org/kmgq>
- [9] Sidiropoulou E, Skoufos I, Marugan-Hernandez V, Giannenas I, Bonos E, Aguiar-Martins K, Lazari D, Blake DP, Tzora A. *In vitro* anticoccidial study of oregano and garlic essential oils and effects on growth performance, fecal oocyst output, and intestinal Microbiota in vivo. *Front. Vet. Sci.* [Internet]. 2020; 7:420. doi: <https://doi.org/gnb6qv>
- [10] Irawan A, Hidayat C, Jayanegara A, Ratriyanto A. Essential Oils as Growth-Promoting Additives on Performance, Nutrient Digestibility, Cecal Microbes, and Serum Metabolites of Broiler Chickens: A Meta-Analysis. *Anim. BioSci.* [Internet]. 2021; 34(9):1499. doi: <https://doi.org/kmgt>
- [11] Jin L, Dersjant-Li Y, Giannenas I. Application of aromatic plants and their extracts in diets of broiler chickens. *Feed Additives: Aromatic Plants Herbs Anim. Nutr. Health.* [Internet]. 2020; 2020:159-185. doi: <https://doi.org/kmgw>
- [12] Sousa VI, Parente JF, Marques J., Forte MA, Tavares CJ. Microencapsulation of Essential Oils: A Review. *Polymers.* [Internet]. 2022; 14(9):1730. doi: <https://doi.org/kmgz>
- [13] Furuta T, Neoh TL. Microencapsulation of food bioactive components by spray drying: A review. *Drying Technol.* [Internet]. 2021; 39(12):1800-1831. doi: <https://doi.org/kmg3>
- [14] Rocha J. de CG, De Barros FAR, Perrone ÍT, Viana KWC, Tavares GM, Stephani R, Stringheta PC. Microencapsulation by atomization of the mixture of phenolic extracts. *Powder Technol.* [Internet]. 2019; 343:317-325. doi: <https://doi.org/kmg3>
- [15] Thuekeaw S, Angkanaporn K, Nuengjamnong C. Microencapsulated basil oil (*Ocimum basilicum* Linn.) enhances growth performance, intestinal morphology, and antioxidant capacity of broiler chickens in the tropics. *Anim. BioSci.* [Internet]. 2022; 35(5):752-762. doi: <https://doi.org/kmhn>
- [16] Rahimpour F, Mohiti-Asli M, Mottaghitalab M, Mohit A. Microencapsulation of savory essential oil within alginate: Effect on performance, oxidative stability of meat, and intestinal microflora of broilers. *Anim. Product. Res.* [Internet]. 2022; 11(2):43-55. doi: <https://doi.org/kmhp>
- [17] Rostagno HS, Teixeira-Albino LF, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Teixeira de A, ML, Borges-Rodrigues P, De Oliveira RF, Toledo-Barreto SL, Oliveira-Brito C. En: Rostagno HS. (ed.). *Tablas Brasileñas Para Aves y Cerdos: Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales*. 4. ed. Viçosa: Universidad Federal de Viçosa. 2017; 488 p. ISBN: 9788581791227.
- [18] Sialer M, Icochea E, González AE. Eficacia de una vacuna vectorizada para el control de la enfermedad de Newcastle aplicada en pollitos BB en planta de incubación. *Rev. Investig. Vet. Perú.* [Internet]. 2020; 31(2):e17835. doi: <https://doi.org/kmhq>
- [19] Cobb-Vantress. Pollo de Engorde Guía de Manejo Cobb-Vantress International. 2018; 88 p.

- [20] Fioramonti SA, Stepanic EM, Tibaldo AM, Pavón YL, Santiago LG. Spray Dried Flaxseed Oil Powdered Microcapsules Obtained Using Milk Whey Proteins–Alginate Double Layer Emulsions. *Food Res. Intern.* [Internet]. 2019; 119:931–940. doi: <https://doi.org/gpvwmw6>
- [21] Loyaga–Cortéz B, Ordoñez GM, Ybañez–Julca R, Asunción–Alvarez D. La Suplementación de Aceite Esencial de Orégano En La Dieta Reduce El Estrés Oxidativo En La Yema de Huevo y Mejora Los Parámetros Productivos de La Codorniz Japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). *Rev. Investig. Vet. Perú.* [Internet]. 2020; 31(3):16637. doi: <https://doi.org/kmhr>
- [22] Mendoza–Ordoñez G, Caceda–Gallardo L, Loyaga–Cortéz B, Ybañez–Julca R, Gonzales–Nonato D, Asunción–Alvarez D. Oregano Essential Oil Supplementation Improves Productive Performance, Oxidative Stability, and Lipid Parameters in Turkeys. *Scientia Agrop.* [Internet]. 2020; 11(2):187–193. doi: <https://doi.org/kmhs>
- [23] Seidavi A, Tavakoli M, Slozhenkina M, Gorlov I, Hashem NM, Asroosh F, Taha AE, Abd El–Hack ME; Swelum AA. The Use of Some Plant–Derived Products as Effective Alternatives to Antibiotic Growth Promoters Organic Poultry Production: A Review. *Environm. Sci. Pollut. Res.* [Internet]. 2021; 28:47856–47868. doi: <https://doi.org/kmht>
- [24] Quiñones M, Miguel M, Aleixandre A. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutric. Hospit.* 2012; 27(1):76–89.
- [25] Silva L, Oliveira MG, de Paula JR, da Silva VB. ADMET predictions for  $\gamma$ -muurolene as the major chemical constituent of essential oil from leaves of *Eugenia punicifolia* (kunth) DC. En: *Proceedings of 6th Brazilian Conference on Natural Products and Annual Meeting on Micromolecular Evolution, Systematics and Ecology.* [Internet] 2017 Nov 05–08; Campinas: Galoá; 2017. [consultado 02 Feb 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3DxDjwk>.
- [26] Martínez, M.A. Aceites Esenciales. [Internet]. Medellín: Universidad de Antioquia; 2003. [consultado 03 Feb 2023]. 34 p. Disponible en: <https://bit.ly/43Mo0KX>.
- [27] Debbabi H, El Mokni R, Jlassi I, Falconieri D, Piras A, Mastouri M, Porcedda S, Hammami S. Gas chromatography combined with mass spectrometry and flame ionization detection for identifying the organic volatiles from *Stachys arvensis*, *S. marrubiiifolia* and *S. ocymastrum*. *International J. Mass Spectrom.* [Internet]. 2018; 432:59–64. doi: <https://doi.org/gfbspk>
- [28] Ponce GA. Composición química por cromatografía a gases y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Salvia sagittata* Ruiz & Pav frente a la *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. [tesis de grado en Internet]. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2019 [consultado 12 Ene 2023]. 98 p. Disponible en: <https://bit.ly/43HzTSo>.
- [29] Franco C de JP, Ferreira OO, de Moraes ÂAB, Varela ELP, do Nascimento LD, Percário S, de Oliveira M, Andrade EH de A. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils from *Eugenia patrisii* Vahl, *E. punicifolia* (Kunth) DC., and *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC., Leaf of Family Myrtaceae. *Molec.* [Internet]. 2021; 26(11):3292. doi: <https://doi.org/kmh2>
- [30] Carhuallanqui–Avila S, Ricaldi–Flores CJ, Terrel–Rivas CE, De La Cruz–Calderón G. Evaluación de la conservación del aceite esencial de *Salvia sagittata* Ruiz & Pav en la elaboración del queso aromatizado envasado al vacío. *J. Agri–Food Sci.* [Internet]. 2020 [consultado 15 Ene 2023]; 1(1):11–20. Disponible en: <https://bit.ly/30zovn3>.
- [31] Silva L de S, Martins CF, Abrão FY, Romano CA, Bezerra SF, Borges LL, dos Santos AH, da Cunha LC, Oliveira–Neto JR, Fiuza T, de Paula JR. Comparative study of the chemical composition, larvicidal, antimicrobial and cytotoxic activities of volatile oils from *E. punicifolia* leaves from Minas Gerais and Goiás. *Res. Soc. Developm.* [Internet]. 2021; 10(11):34101119354. doi: <https://doi.org/kmh8>
- [32] Hesabi –Nameghi A, Edalatian O, Bakhshalinejad R. Effects of a Blend of Thyme, Peppermint and Eucalyptus Essential Oils on Growth Performance, Serum Lipid and Hepatic Enzyme Indices, Immune Response and Ileal Morphology and Microflora in Broilers. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutrit.* [Internet]. 2019; 103(5):1388–1398. doi: <https://doi.org/kmh9>
- [33] Reyer H, Zentek J, Männer K, Youssef IMI, Aumiller T, Weghuber J, Wimmers K, Mueller AS. Possible Molecular Mechanisms by Which an Essential Oil Blend from Star Anise, Rosemary, Thyme, and Oregano and Saponins Increase the Performance and Ileal Protein Digestibility of Growing Broilers. *J. Agricult. Food Chem.* [Internet]. 2022; 65(32):6821–6830. doi: <https://doi.org/gbq8c7>
- [34] Bahr T, Butler G, Rock C, Welburn K, Allred K, Rodriguez D. Cholesterol – Lowering Activity of Natural Mono– and Sesquiterpenoid Compounds in Essential Oils: A Review and Investigation of Mechanisms Using in Silico Protein–Ligand Docking. *Phytother. Res.* [Internet]. 2021; 35(8):4215–4245. doi: <https://doi.org/kmjib>
- [35] Di Y, Cao A, Zhang Y, Li J, Sun Y, Geng S, Li Y, Zhang L. Effects of Dietary 1,8–Cineole Supplementation on Growth Performance, Antioxidant Capacity, Immunity, and Intestine Health of Broilers. *Anim.* [Internet]. 2022; 12(18):2415. doi: <https://doi.org/kmjic>
- [36] Paula–Freire LI, Andersen ML, Gama VS, Molska GR, Carlini EL. The oral administration of trans–caryophyllene attenuates acute and chronic pain in mice. *PhytoMed.* [Internet]. 2014; 21(3):356–362. doi: <https://doi.org/kmjid>
- [37] Stamilla A, Messina A, Sallemi S, Condorelli L, Antoci F, Puleio R, Loria GR, Cascone G, Lanza M. Effects of microencapsulated blends of organic acids (OA) and essential oils (EO) as a feed additive for broiler chicken. A focus on growth performance, gut morphology and microbiology. *Anim.* [Internet]. 2020; 10(3):442. doi: <https://doi.org/kmjif>
- [38] Mohammadi Z., Ghazanfari S., Adib Moradi M. Effect of supplementing clove essential oil to the diet on microflora population, intestinal morphology, blood parameters and performance of broilers. *Eur. Poult. Sci.* [Internet]. 2014; 78:e–2014.51. doi: <https://doi.org/kmjig>
- [39] Qaid MM, Al–Mufarrej SI, Azzam MM, Al–Garadi MA, Albaadani HH, Alhidary IA, Aljumaah RS. Growth Performance, Serum Biochemical Indices, Duodenal Histomorphology, and Cecal Microbiota of Broiler Chickens Fed on Diets Supplemented with Cinnamon Bark Powder at Prestarter and Starter Phases. *Anim.* [Internet]. 2021; 11(1):94. doi: <https://doi.org/kmjih>
- [40] Van Boeckel TP, Pires J, Silvester R, Zhao C, Song J, Criscuolo NG, Gilbert M, Bonhoeffer S, Laxminarayan R. Global Trends in Antimicrobial Resistance in Animals in Low– And Middle–Income Countries. *Sci.* [Internet]. 2019; 365(6459):e–1944. doi: <https://doi.org/gf85mx>