

Productive performance of post-weaning piglets supplemented with essential oil of wild garlic (*Mansoa alliacea* L.). Technical note

Comportamiento productivo de lechones en posdestete suplementados con aceite esencial de ajo de monte (*Mansoa alliacea* L.). Nota técnica

W. Caicedo^{1,2*}, L. Caicedo², C. Buenaño³ and María Caicedo²

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza, Ecuador

²Granja Agropecuaria Caicedo, Tarqui, Puyo, Pastaza, Ecuador

³Rancho Santa Rita, Tarqui, Puyo, Pastaza, Ecuador

*Email: orlando.caicedo@yahoo.es

W. Caicedo: <https://orcid.org/0000-0002-2890-3274>

L. Caicedo: <https://orcid.org/0000-0001-5980-4028>

C. Buenaño: <https://orcid.org/0000-0002-7225-4734>

María Caicedo: <https://orcid.org/0000-0002-2702-5430>

The use of essential oils constitutes an alternative to reduce or eliminate the dependence on antibiotics and synthetic growth promoters and also decrease the microbial resistance and residuality on pig's carcass. With the purpose of evaluating the effect of essential oil of wild garlic (*Mansoa alliacea* L.) on the productive performance of post-weaning piglets, a total of 24 castrated male piglets, commercial cross (Blanco Belga x Duroc x Pietrain) of 28 days of age, with average live weight of 9.33 ± 0.34 kg were used. The animals were distributed according to a complete random design and each one constituted an experimental unit. The treatments consisted in a control diet (0); 500 mg of essential oil of wild garlic.kg DM⁻¹ and 1000 mg of essential oil of wild garlic.kg DM⁻¹, respectively. The variables food intake day (FID), weight gain per day (WGD), feed conversion (FC) and final weight (FW) were studied. There was not significant effect ($p > 0.05$) between treatments for the variables under study. It is concluded that under this research conditions is viable the use of essential oil of wild garlic as natural additive in post-weaning piglets diets, with the purpose of reducing the dependence on antibiotics and synthetic growth promoters of the food which are commercialize in Ecuador for this category.

Key words: *essential oil, phytobiotic additive, productive indexes, commercial piglets*

Currently, the Ecuadorian production enterprises of balanced foods for pigs in pre-weaning, weaning, starting and growing used in their formulations antibiotics and synthetic growth promoters that, due to their therapeutic effects, helps to counteract digestive disorder and, at the same time, optimize productive indexes, among which can mention weight gain and feed conversion. However, this led to this additives dependence with the appearance of resistant microorganisms.

The weaning period is the most stressing stage in pig's production (Caicedo *et al.* 2020). In semi-intensive and intensive pig rearing house from Ecuador, the piglets weaning is carry out between 21 and 28 days of born, this cause changes in the function of the intestinal mucus and

decrease the digestive process efficacy which affects

El uso de aceites esenciales constituye una alternativa para reducir o eliminar la dependencia de antibióticos y promotores de crecimiento sintéticos y disminuir, además, la resistencia microbiana y residualidad en la canal de los cerdos. Con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación dietética de aceite esencial de ajo de monte (*Mansoa alliacea* L.) en el desempeño productivo de lechones en posdestete, se utilizaron 24 lechones machos castrados, cruce comercial (Blanco Belga x Duroc x Pietrain) de 28 días de edad, con peso vivo promedio de 9.33 ± 0.34 kg. Los animales se distribuyeron de acuerdo con un diseño completamente aleatorizado y cada uno constituyó una unidad experimental. Los tratamientos consistieron en una dieta control (0); 500 mg de aceite esencial de ajo de monte.kg MS⁻¹ y 1000 mg de aceite esencial de ajo de monte.kg MS⁻¹. Se estudiaron las variables consumo de alimento día (CAD), ganancia de peso por día (GPD), conversión alimentaria (CA) y peso final (PF). En esta investigación no hubo efecto significativo ($p > 0.05$) entre tratamientos para las variables objeto de estudio. Se concluye que en las condiciones de esta investigación es viable el uso de aceite esencial de ajo de monte como aditivo natural para uso en dietas destinadas a lechones en posdestete, con la finalidad de reducir la dependencia de antibióticos y promotores de crecimiento sintéticos de los concentrados que se comercializan en Ecuador para esta categoría.

Palabras clave: *aceite esencial, aditivo fitobiótico, índices productivos, lechones comerciales*

En la actualidad, las empresas ecuatorianas productoras de alimentos balanceados para cerdos en predestete, destete, inicio y crecimiento utilizan en sus formulaciones antibióticos y promotores del crecimiento sintéticos que, por sus efectos terapéuticos, ayudan a combatir trastornos digestivos y, al mismo tiempo, optimizan índices productivos, entre los que se puede citar la ganancia de peso y la conversión alimentaria. No obstante, ello conlleva a la dependencia de estos aditivos con la consecuente aparición de microorganismos resistentes.

El período de destete es la etapa más estresante en la explotación porcina (Caicedo *et al.* 2020). En criaderos intensivos y semintensivos de Ecuador, el destete de los lechones se realiza entre 21 y 28 días de nacidos, esto provoca alteraciones en la función de la mucosa intestinal y disminuye la eficacia del proceso digestivo, lo que afecta el

the growing and developing of animals (Flores *et al.* 2015).

In nature it can found natural growth promoters, which do not cause damage to the animals and humans. Precisely, the use of essential oils can be considered as an alternative to the use of antibiotics and synthetic growth promoters. Many researchers are focus on the use of the bioactive compounds of plants, that when they are supplied in the animal's diet improves the odor and taste of the food, increasing their palatability (Maenner *et al.* 2011). It has been showed, in addition, that these compounds take part in the modification of the intestinal microbiota and in the animals immunity (Chávez-Soto *et al.* 2021). The essential oils are able of improve the structure (intestinal morphology), the process of digestion and nutrients absorption, obtaining low energy expenses and decreasing the intestinal inflammation (Maya-Ortega *et al.* 2021). They also prevent intestinal infections, as diarrheas which are one of dying causes in freshly weaning piglets. The use of these oils is an easily option to the small, medium and big pig farmers, with their consistent economic and therapeutic benefits that restrict the use of antibiotics and synthetic growth promoters.

Grovas *et al.* (2018) and Correa and Cabrera (2019) research into species from *Mansoa* genus, which take part of Bignoniaceae family, from which essential oils has being extracted. Their leaves, root, stem and flowers have alkaloid, tannin, phenols, flavonoids, glycosides, quinones, sulfur compounds as alliin and alicin. The leaflets and buds are carrier of steroids, such as β -sitosterol, strigmasterol, duocosterol and fucosterol, which have anti-inflammatory and antibacterial action, allowing their use in supplements of diets for zootecnical interest animals.

The objective of this study was to evaluate the effect of the dietetic supplementation of essential oil of wild garlic (*Mansoa alliacea* L.) on the productive performance of post-weaning piglets.

The research was performed in Santa Rita Farm, located in Tarqui parish, from Pastaza canton and Pastaza province, Ecuador. This region is at 900 m o.s.l and has a mean temperature that varies between 18 and 28 °C, with semi-hot or subtropical humid climate. The average relative humidity is of 87 % and annual rainfalls of 4000 and 4500 mm (INAMHI 2014).

The foliage of wild garlic was obtained from a plantation with two years of established in Caicedo Agricultural Farm, located in Tarqui parish, Pastaza canton, Ecuador. A total of 1 kg of fresh green leaves were collected, without cuttings and yellowish. Table 1 show the essential oil extraction process.

In this research was fulfilled with the regulations of Animal Welfare of the Republic of Ecuador (AGROCALIDAD 2017). The experimental process was developed according to Sakomura and Rostagno

crecimiento y desarrollo de los animales (Flores *et al.* 2015).

En la naturaleza se pueden encontrar promotores del crecimiento naturales, que no ocasionan daños a los animales ni al ser humano. Precisamente, el uso de aceites esenciales se puede considerar como una alternativa a la utilización de los antibióticos y promotores del crecimiento sintéticos. Diversas investigaciones se enfocan en el aprovechamiento de los compuestos bioactivos de las plantas, que cuando se suministran a las dietas de los animales mejoran el aroma y sabor del alimento, aumentando su palatabilidad (Maenner *et al.* 2011). Se ha demostrado, además, que estos compuestos participan en la modificación del microbiota intestinal y en la inmunidad de los animales (Chávez-Soto *et al.* 2021). Los aceites esenciales son capaces de mejorar la estructura (morfología intestinal), los procesos de digestión y absorción de nutrientes, obteniéndose menor gasto energético y disminuyendo la inflamación intestinal (Maya-Ortega *et al.* 2021). También previenen infecciones intestinales, como las diarreas que son una de las mayores causas de muerte en cerdos recién destetados. El uso de estos aceites es una opción accesible a los pequeños, medianos y grandes productores de cerdos, con sus consecuentes beneficios económicos y terapéuticos que limitan el uso de antibióticos y promotores de crecimiento sintéticos.

Grovas *et al.* (2018) y Correa y Cabrera (2019) investigaron especies del género *Mansoa*, que forman parte de la familia Bignoniaceae, de las que se han extraído aceites esenciales. Sus hojas, raíz, tallo y flores contienen alcaloides, taninos, fenoles, flavonoides, glicosidos, quinonas, compuestos de azufre como aliina y alicina. Las hojuelas y capullos son portadoras de esteroides, como el betasitosterol, estrigmasterol, duocosterol y fucosterol, que poseen acción antiinflamatoria y antibacteriana, lo que permite su uso en suplementos de dietas destinadas a animales de interés zootécnico.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación dietética de aceite esencial de ajo de monte (*Mansoa alliacea* L.) en el desempeño productivo de lechones en posdestete.

La investigación se realizó en el Rancho Santa Rita, ubicado en la parroquia Tarquí, del cantón y provincia de Pastaza, Ecuador. Esta región se encuentra a 900 m s.n.m. y presenta una temperatura media que varía entre 18 y 28 °C, con clima semicálido o subtropical húmedo. La humedad relativa media es de 87 % y las precipitaciones anuales de 4000 y 4500 mm (INAMHI 2014).

El follaje de ajo de monte se obtuvo de una plantación con dos años de establecida en la Granja Agropecuaria Caicedo, ubicada en la parroquia Tarquí, cantón Pastaza, Ecuador. Se recolectó 1 kg de hojas verdes frescas, sin presencia de cortaduras ni signos de amarillamiento. La tabla 1 muestra el proceso de extracción del aceite esencial.

En esta investigación se cumplió con las normas de Bienestar Animal de la República de Ecuador (AGROCALIDAD 2017). El proceso experimental se desarrolló según los lineamientos de Sakomura y Rostagno

Table 1. Extraction process of wild garlic (*Mansoa alliacea* L.) essential oil

Procedures	Description
Washed	It was carried through a continuous flow of drinking water at room temperature. It was drained for 30 min and aired during six hours to eliminate humidity excess.
Cutted	They were manually cut, with the help of stainless steel knife, at a particle size of 1cm diameter to facilitate the drying.
Dried	A tray dryer at 60 °C was used. The total drying time was between 24 and 48 h.
Milled	A hammer mill of medium mesh was used to obtain a higher number of particles that make more efficient the extraction when increasing the contact surface.
Essential oil extraction	The essential oil was obtained by the water vapor dragging technique; that when it condenses form a mixture of essential oil and water. To eliminate the water, the mixture was placed in a separation funnel. To separate the water and the essential oil a decanting was performed, and after the residual water was freeze. Later, the essential oil was in refrigeration between 4 and 7 °C until their use.

(2007) guidelines. A total of 24 castrated male piglets, commercial cross (Blanco Belga x Duroc x Pietrain) of 28 days of age, with average live weight of 9.33 ± 0.34 kg were used. Each pig was considered as an experimental unit. The animals were housed in a shed, which included individual 0.80×0.80 m (0.64 m²) pens, with plastic floor and blocks walls of 1m height. The food intake per day (FID), weight gain per day (WGD), feed conversion (FC), and final weight (FW) were evaluated. The experiment lasted 28 d. The weighing was carried out every week with an electronic portable balance, cale brand, with 50 kg capacity.

The diets were formulated according to Rostagno *et al.* (2017) recommendations (table 2). The treatments consisted in a control diet (0); 500 mg of essential oil of wild garlic.kg DM⁻¹ and 1000 mg of essential oil of wild garlic.kg DM⁻¹. Before the daily supply to the animals, the essential oil was mixed with the food in those foods that included. The balanced formulations were made every week and were ad libitum in hopper -type feeder once a day, at 08:00 a.m. The water was constant in nipple drinkers.

For the productive performance a covariable analysis was performed in the variables final weight, weight gain per day, food intake per day and feed conversion. The initial weight was taking as concomitant variable, so analysis of variance was carried out according to a completely random design, with three treatments and eight repetitions per treatment. In necessary cases Duncan (1955) test for ($p \leq 0.05$) was applied. Shapiro and Wilk (1965) test were applied for the normality of errors, and Levene (1960) test for the homogeneity of variance. The results fulfill with those assumptions, so it was not necessary their transformation. All analyses were performed with the statistical package Infostat (Di Rienzo *et al.* 2021).

There were not significant differences ($p > 0.05$) for the final weight, weight gain per day, food intake per day and feed conversion of animals. The results of the productive indexes in post weaning pigs are show in table 3.

(2007). Se utilizaron 24 lechones, machos castrados, cruce comercial (Blanco Belga x Duroc x Pietrain) de 28 d de edad, con peso promedio de 9.33 ± 0.34 kg de peso vivo. Cada cerdo se consideró como una unidad experimental. Los animales se alojaron en un galpón, que incluía corrales individuales de 0.80×0.80 m (0.64 m²), con piso plástico y paredes de bloque de 1 m de altura. Se evaluó el consumo de alimento por día (CAD), ganancia de peso por día (GPD), conversión alimentaria (CA), y peso final (PF). El experimento duró 28 d. Los pesajes se realizaron cada semana con una balanza portable electrónica, marca cale, con capacidad para 50 kg.

Las dietas se formularon según las recomendaciones de Rostagno *et al.* (2017) (tabla 2). Los tratamientos consistieron en una dieta control (0); 500 mg de aceite esencial de ajo de monte.kg MS⁻¹ y 1000 mg de aceite esencial de ajo de monte.kg MS⁻¹. Antes de suministro diario a los animales, se mezcló con el alimento el aceite esencial en aquellos tratamientos que lo incluyeron. Las formulaciones balanceadas se hicieron cada semana y se dispusieron a voluntad en comederos tipo tolva una vez por día, a las 08:00 a.m. El agua se mantuvo de forma permanente en bebederos de tipo chupón.

Para el comportamiento productivo se realizó análisis de covariable en las variables peso final, ganancia de peso por día, consumo de alimento por día y conversión alimentaria. Se tomó como variable concomitante el peso inicial, que no influyó en las variables antes mencionadas, por lo que se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado, con tres tratamientos y ocho repeticiones por tratamiento. En los casos necesarios se aplicó la prueba de Duncan (1955) para ($p \leq 0.05$). Se aplicaron las dójimas de Shapiro y Wilk (1965) para la normalidad de los errores, y para la homogeneidad de varianza la de Levene (1960). Los resultados cumplieron con dichos supuestos, por lo que no fue necesario su transformación. Todos los análisis se hicieron con el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2021).

No hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) para el peso final, ganancia de peso por día, consumo de alimento por día y conversión alimentaria de los animales. Los resultados de los índices productivos en

Table 2. Composition and nutrients contribution of the experimental diets (DB, %)

Raw matters, %	Dietetic supplementation of wild garlic essential oil , mg.kg DM ⁻¹		
	0	500	1000
Freshly cooked yellow corn	49.98	49.98	49.98
Integral powder meal	2.00	2.00	2.00
Soya meal leophylaser	18.00	18.00	18.00
Vegetable oil	1.54	1.54	1.54
Wheat meal	10.0	10.00	10.00
Wheatgerm	10.00	10.00	10.00
Calcium carbonate	0.40	0.40	0.40
Monodicalcic phosphate	2.33	2.33	2.33
Vitamin mineral premixture pigs #	0.40	0.40	0.40
LD-Methionine 99 %	0.28	0.28	0.28
L-Lysine HCL 78 %	0.66	0.66	0.66
Choride of choline 60 %	0.20	0.20	0.20
Antifungal	0.05	0.05	0.05
Sodium chloride	0.50	0.50	0.50
Starch	3.66	3.66	3.66
Bacitracin zinc, g/t	200.00	0.00	0.00
Essential oil of wild garlic, mg.kg DM ⁻¹	0.00	500.00	1000.00
	Composition, % dry base		
Crude protein	19.24	19.24	19.24
Crude fiber	2.64	2.64	2.64

#Premixture of vitamins and minerals for growing pigs (vit. A, 2 300 000 UI; vit. D₃, 466 667 UI; vit. E, 5000 UI; vit. K₃, 667 mg; vit. B₁, 333 mg; vit. B₂, 1000 mg; vit. B₆, 400 mg; vit. B₁₂, 4000 µg; folic acid, 67 mg; niacin, 6660 mg; pantothenic acid , 4000 mg; biotin, 17 mg; choline, 43 g; iron, 26 667 mg; copper, 41 667 mg; cobalt, 183 mg; manganese, 16 667 mg; zinc, 26 667 mg; selenium, 67 mg; iodine, 267 mg; antioxidant 27 g; vehicle qsp, 1000 g)

There were not significant differences between treatments, although slight increases in final weight, weight gain, food intake and feed conversion were showed for the animals treated with 1000 mg.kg DM⁻¹ of wild garlic essential oil. This show that for next researchers it should made higher supplementation with this oil to achieve better results. Baca and Ampuero (2019), Albetis (2021) and Buenaño-Haro and Bravo-Sánchez *et al.* (2022) refers that essential oils influence on animals, according to the supplementation level performed to improve the intake , weight gain, feed conversion, and food digestibility, when optimizing the absorption capacity of villus in new weaning pigs.

De Haro (2015) showed that the pancreas as the intestinal mucus can stimulate by means of the active principles of essential oils, since they accelerate the organism regulation and promote the digestion for the food intake will be more efficient.

In a study with tea essential oil and a control diet, for 21 days, Dong *et al.* (2019) showed that the animals treated with the essential oil increased the daily food intake, daily weigh gain, villus length, interleucine content, tumoral- α necrosis factor (TNF α), the genetic expression of the thermal shock protein and the activation of the Notch2 signalization

cerdos en posdestete se muestran en la tabla 3.

No hubo diferencias significativas entre tratamientos, aunque se notaron ligeros incrementos en el peso final, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimentaria para los animales tratados con 1000 mg.kg MS⁻¹ de aceite esencial de ajo de monte. Esto indica que para próximas investigaciones se debe realizar mayor suplementación con este aceite para lograr mejores resultados. Baca y Ampuero (2019), Albetis (2021) y Buenaño-Haro y Bravo-Sánchez (2022) refieren que los aceites esenciales influyen en los animales, según el nivel de suplementación que se realice para mejorar el consumo, la ganancia en peso, la conversión alimentaria y la digestibilidad del alimento, al optimizar la capacidad de absorción de las vellosidades en lechones recién destetados.

De Haro (2015) señala que el páncreas como la mucosa intestinal se pueden activar por medio de los principios activos de los aceites esenciales, ya que aceleran la regulación del organismo y promueven la digestión para que el aprovechamiento del alimento sea más eficiente.

En un estudio con aceite esencial de té y una dieta control, durante 21 días, Dong *et al.* (2019) demostraron que los animales tratados con el aceite esencial aumentaron el consumo diario de alimento, la ganancia diaria de peso, la longitud de las vellosidades, el contenido de interleucinas, el factor de necrosis tumoral- α (TNF α), la expresión génica

in the small intestine.

The use of essential oils in post-weaning piglet diets is the purpose of relatively new study in Ecuador. The development of this research lines is of great importance due the great diversity of active principles which are in the plant resources, and have beneficial effects in health and productive performance of animals.

Conclusions

Under this research conditions is viable the use of essential oil of wild garlic as natural additive in post-weaning piglets diets, with the purpose of reducing the dependence on antibiotics and synthetic growth promoters of the food which are commercialize in Ecuador for this category.

Conflict of interests

The authors declare that there are not conflicts of interests in this study.

Author's contribution

W. Caicedo: Conceptualization, investigation, methodology, data curation, supervision, writing of the original draft

L. Caicedo: Investigation, data curation, writing of the original draft

C. Buenaño: Writing of the original draft

María Caicedo: Data curation, formal analysis

de la proteína de choque térmico y la activación de la señalización de Notch2 en el intestino delgado.

En Ecuador, la utilización de los aceites esenciales en dietas destinadas a lechones en posdestete constituye un objeto de estudio relativamente nuevo. El desarrollo de esta línea de investigación es de mucha importancia por la gran diversidad de principios activos que se hallan en los recursos vegetales, y que tienen efectos beneficiosos en la salud y el desempeño productivo de los animales.

Conclusiones

En las condiciones de esta investigación es viable la utilización de aceite esencial de ajo de monte como aditivo natural para uso en dietas de lechones en posdestete con la finalidad de reducir la dependencia de antibióticos y promotores de crecimiento sintéticos de los balanceados que se comercializan en Ecuador para esta categoría.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en la presente publicación.

Contribución de los autores

W. Caicedo: Conceptualización, investigación, metodología, curación de datos, supervisión, redacción del borrador original.

L. Caicedo: Investigación, curación de datos, redacción del borrador original.

C. Buenaño: Redacción del borrador original.

María Caicedo: Curación de datos, análisis formal

References

- AGROCALIDAD (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro). 2017. Manual de aplicabilidad de buenas prácticas porcícolas. Quito, Ecuador, pp. 127. Available: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/Guia-BPA-publicaciones/2017/enero/manual-buenas-practicas-porcicolas-24-01-2017.pdf><http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/Guia-BPA-publicaciones/2017/enero/manual-buenas-practicas-porcicolas-24-01-2017.pdf>.
- Albetis, M. 2021. Actualidad Porcina. Los Aceites Esenciales (AE) como aditivos alimenticios en los porcinos. Available: <https://actualidadporcina.com/los-aceites-esenciales-ae-como-aditivos-alimenticios-en-los-porcinos/>.
- Baca, N. & Ampuero, A. 2019. "Efecto de la inclusión de aceite esencial de orégano en la dieta de lechones destetados sobre parámetros productivos". Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 30(4): 1537-1542, ISSN: 1609-9117. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v30n4/a14v30n4.pdf>
- Buenaño-Haro, C.X. & Bravo-Sánchez, L.R. 2022. "Uso del jengibre (*Zinger officinale*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) como aditivos fitobióticos en lechones posdestete". Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA, 7(14): 32-43, ISSN: 2542-3088. <http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v7i14.1853>
- Caicedo, W., Ferreira, F.N., Pérez, M., Flores, A. & Ferreira, W. 2020. "Comportamiento productivo de cerdos post-destete alimentados con una dieta suplementada con fruta de banano orito (*Musa acuminata* AA) fermentado con yogur". Livestock Research for Rural Development, 32(2), Article #33, ISSN: 2521-9952. Available: <http://www.lrrd.org/lrrd32/2/orlan32033.html>
- Chávez-Soto, D., Vázquez-Armijo, J., Hernández-Meléndez J, Martínez-González J, Esparza-Jiménez S. & López-Aguirre, D. 2021. "Essential oils in small ruminants and their effect on productivity". Tropical and Subtropical Agroecosystems, 24(2): 1-12, ISSN: 1870-0462. <https://www.revista.ccca.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3468/1612>
- Correa, K. & Cabrera, L. 2019. Estudio farmacognóstico y fitoquímico preliminar de las hojas y tallo de *Mansoa hymenaea* (DC.) A.H. Gentry, bejuco de ajo. Trabajo de Titulación de Químico Farmacéutico, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, pp. 86.
- De Haro, M. 2015. Efecto de los aceites esenciales de plantas aromático-medicinales en la fase de transición de animales monogástricos. Tesis de Doctorado, Universidad de Murcia, Murcia, España, pp. 318.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2021. InfoStat, Version 2021 (Windows). Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=46>
- Dong, L., Zhong, Z., Wang, S., Wang, H., Huo, Y., Wei, Z. & Yu, L. 2019. "Dietary tea tree oil supplementation improves the intestinal mucosal immunity of weanling piglets". Animal Feed Science and Technology, 255: 114205, ISSN: 0377-8401.

- <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114209>.
- Duncan, D.B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 0006-341X. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 2014. Anuario Meteorológico. Quito, Ecuador, p. 28, Available: https://drive.google.com/file/d/1aRysaX9teIQwI4E_U9vtR6XaNBnv4VL9/view.
- Flores, L., Elías, A., Proaño, F., Granizo, G., Medina, Y., López, S., Herrera, F. & Caicedo, W. 2015. "Effects of a microbial preparation, a probiotic and commercial antibiotic on the productive performance and pig's health in post-weaning period". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(3): 357-365, ISSN: 2079-3480. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193042629011.pdf>.
- Grovas, J., Córdor, E., Collantes, I. & Reyna, V. 2018. "Esteroles presentes en el extracto apolar de las raíces de ajo sacha *Mansoa alliacea*". *Revista Sociedad Química del Perú*, 84(4): 513-521, ISSN: 1810-634X. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v84n4/a11v84n4.pdf>.
- Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. *Contributions to probability and statistics*. Stanford University Press. p. 278.
- Maenner, K., Vahjen, W. & Simon, O. 2011. "Studies on the effects of essential-oil-based feed additives on performance, ileal nutrient digestibility, and selected bacterial groups in the gastrointestinal tract of piglets". *Journal of Animal Science*, 89(7): 2106-2112, ISSN: 0021-8812. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-2950>.
- Maya-Ortega, C., Ángel-Isaza, J., Martínez-Morales, B. & Parra-Suescún, J. 2021. "Oregano essential oil (*Lippia origanoids*) improves productive parameters and blood metabolites in piglets". *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(2): 82-93, ISSN: 1692-3561. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1547>.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T. & Euclides, R.F. 2017. *Tabelas Brasileiras para Aaves e suínos: Composição De Alimentos e Exigências nutricionais*, 4rd. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Brazil, p. 488.
- Sakomura, N. & Rostagno, H. 2007. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal: FUNEP, pp. 283.
- Shapiro, S. & Wilk, B. 1965. "An analysis of variance test for normality (complete samples)". *Biometrika*, 52(3/4): 591-611, ISSN: 0006-3444. <https://doi.org/10.2307/2333709>.

Received: April 2, 2023

Accepted: June 30, 2023