

EFFECTS OF *Larrea tridentata* ON GROWTH, ORGAN WEIGHTS AND HEPATIC ENZYMES OF BROILERS

EFFECTOS DE *Larrea tridentata* EN EL CRECIMIENTO, PESO DE LOS ÓRGANOS Y ENZIMAS HEPÁTICAS DE POLLOS

Juan C. García-López¹, Héctor A. Lee-Rangel¹, Samuel López¹, Jorge Vicente², Violeta Pardo-Sedas², Alejandro T. Estrada-Coates², Juan M. Pinos-Rodríguez^{2*}

¹Instituto de Investigación de Zonas Desérticas y Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz, Veracruz, México (jpinos@uv.mx).

ABSTRACT

Because of the great public scrutiny about using antibiotics as growth promoters in commercial poultry industry, researchers evaluate bioactive compounds of plant extracts as growth promoters. The aim of this study was to evaluate the effects of dietary addition of whole plant, leaves and a powder aqueous extract of *Larrea tridentata* on growth, organ weights and serum hepatic enzymes of broilers. The hypothesis was that antioxidant capacity of secondary compounds of *L. tridentata* improve growth. The experimental design was completely randomized with four treatments and 5 cages each. A commercial concentrate was the basal diet to which 20 g t⁻¹ of *L. tridentata* (LT) were added (treatments): control (no LT), whole plant, leaves and a powder aqueous extract of LT; these treatments were randomly assigned to 200 Cobb broilers one d old. Feed intake, body weight and organs weight were recorded. Blood serum was collected and hepatic enzyme activity (alkaline phosphatase EC 3.1.3.1, alanine aminotransferase EC 2.6.1.2, and aspartate aminotransferase EC 2.6.1.1) were quantified. Broilers fed LT whole plant, leaves or powder aqueous extract had higher ($p \leq 0.05$) body weight and daily weight gain than control. Because feed intake decreased, and total weight gain increased by whole LT plant, leaves and powder aqueous extract added to diet as compared to control, the feed conversion was reduced ($p \leq 0.05$) in all groups of broilers fed LT. Powder aqueous extract of LT reduced crop, gizzard and liver weights ($p \leq 0.05$) as compared to control, whole plant and leaves. Broilers fed powder aqueous extract of LT had the lowest ($p \leq 0.05$) serum hepatic enzyme concentration as compared to control and those fed whole plant

RESUMEN

Debido al gran escrutinio público sobre el uso de antibióticos como promotores de crecimiento en la industria avícola comercial, los investigadores evalúan compuestos bioactivos de extractos vegetales como promotores de crecimiento. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición a la dieta de la planta completa, las hojas y un extracto acuoso en polvo de *Larrea tridentata* en el crecimiento, el peso de los órganos y las enzimas hepáticas séricas de pollos. La hipótesis fue que la actividad antioxidante de compuestos secundarios de *L. tridentata* mejora el crecimiento. El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos y 5 jaulas por tratamiento. La dieta basal fue un concentrado comercial al cual se adicionaron 20 g t⁻¹ de *L. tridentata* (LT testigo): testigo (sin LT), planta entera, hojas y un extracto acuoso en polvo de *L. tridentata*. Estos tratamientos se asignaron al azar a 200 pollos Cobb de 1 d de edad. La ingesta de alimento, el peso corporal y el peso de los órganos se registraron. El suero sanguíneo se recolectó y se cuantificó la actividad de las enzimas hepáticas (fosfatasa alcalina EC 3.1.3.1, alanina aminotransferasa EC 2.6.1.2 y aspartato aminotransferasa EC 2.6.1.1). Los pollos alimentados con la planta LT entera, las hojas o el extracto acuoso en polvo de LT presentaron un mayor ($p \leq 0.05$) peso corporal y ganancia diaria de peso que el testigo. Debido a que la ingesta de alimento disminuyó y la ganancia total de peso aumentó debido a la adición a la dieta de la planta LT completa, las hojas y el extracto acuoso en polvo de LT en comparación con el testigo, la conversión alimenticia disminuyó ($p \leq 0.05$) en todos los grupos de pollos alimentados con LT. El extracto acuoso en polvo de LT disminuyó los pesos del buche, la molleja y el hígado ($p \leq 0.05$) comparado con el grupo LT testigo, el grupo alimentado con la planta LT completa y las hojas. Los pollos alimentados con el extracto acuoso en polvo de LT presentaron la menor ($p \leq 0.05$) concentración de enzimas hepáticas en suero en comparación con el testigo y

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: junio, 2018. Aprobado: septiembre, 2018.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 52: 1-8. 2018.

and leaves. Powder LT aqueous extract could be an alternative to growth promoter in broilers.

Keywords: antibiotics, broilers, creosote bush, hepatic enzymes, vegetal extracts.

INTRODUCTION

Antibiotics as growth promoters are used in the commercial broiler industry with beneficial effects on health and production, but with a great public and scientific scrutiny of safety and drug resistance in many pathogenic bacteria (EFSA and ECDC, 2018; Osman *et al.*, 2018). Despite a substantial increase in the number of publications on antibacterial plants and compounds isolated from them, there are still only few plant-derived drugs in clinical use (Cheesman *et al.*, 2017). In poultry, phytobiotics have antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory and growth promoting effects (Gheisar and Kim, 2018).

Larrea tridentata, known as creosote bush or chaparral, is a shrubby plant belonging to the family Zygophyllaceae, that dominates deserts in the southwest United States, as well as central and northern Mexico (Arteaga *et al.*, 2005). Phytochemical studies carried out on *L. tridentata* showed that it contains a series of lignans, flavonoids, condensed tannins, triterpene saponins and naphtha quinones (Hyder *et al.*, 2002). The extracts constituents of *L. tridentata* possess antioxidant, anti-HIV, antimicrobial, enzyme inhibitory, and anti-tumor activities (Gnabre *et al.*, 2015; Guzman *et al.*, 2016). *Larrea tridentata* has secondary metabolites (Nordihydroguaiaretic acid, NDGA; 3'-O-methylnordihydroguaiaretic; Nor-3'-demethoxyisoguaiacin; Nor-isoguaiacin; 3'-Demethoxyisoguaiacin; 6,3'-Di-O-demethylisoguaiacin; the lignan (7R,7'R)-7,7'-bis(4',3,4-trihydroxyphenyl)-(8R,8'S)-8,8'-dimethyltetrahydrofuran; and the flavanol 3-methoxy-6,7,4'-trihydroxyflavonol) identified as effective compounds against parasites (Bashya *et al.*, 2017) and with important antioxidant capacity (Martins *et al.*, 2012).

In the literature reviewed no reports were found about the use of *L. tridentata* in broilers, but in hamsters *L. tridentata* ethanolic extract reduced plasma triglycerides, total cholesterol, insulin and leptin, and improve insulin sensitivity because of a lower lipid

los grupos alimentados con la planta completa y las hojas. El extracto acuoso en polvo de LT podría ser una alternativa de promotor de crecimiento en pollos.

Palabras clave: antibióticos, pollos, arbusto de la creosota, enzimas hepáticas, extractos vegetales.

INTRODUCCIÓN

En la industria avícola comercial se utilizan antibióticos como promotores de crecimiento debido a sus efectos benéficos en la salud y producción, pero con un gran escrutinio público y científico sobre la seguridad y la resistencia a antibióticos en diversas bacterias patógenas (EFSA y ECDC, 2018; Osman *et al.*, 2018). A pesar del importante aumento en el número de publicaciones de plantas con actividad antibacteriana y compuestos aislados a partir de ellas, aún hay pocos medicamentos de origen vegetal de uso clínico (Cheesman *et al.*, 2017). En aves, los fitobióticos presentan actividad antimicrobiana, antioxidante, antiinflamatoria y promotora de crecimiento (Gheisar y Kim, 2018).

Larrea tridentata, conocida como arbusto de la creosota o chaparral, es una planta arbustiva de la familia Zygophyllaceae, que domina los desiertos al suroeste de EUA, al igual que en el centro y norte de México (Arteaga *et al.*, 2005). Estudios fitoquímicos de *L. tridentata* demostraron que contiene una serie de lignanos, flavonoides, taninos condensados, saponinas triterpenoides y naftoquinonas (Hyder *et al.*, 2002). Los extractos de *L. tridentata* poseen actividad antioxidante, anti-VIH, antimicrobiana, inhibitoria de enzimas y antitumoral (Gnabre *et al.*, 2015; Guzman *et al.*, 2016). *Larrea tridentata* tiene metabolitos secundarios (ácido nordihidroguayarético, NDGA; 3'-O-metilnordihidroguayarético; Nor-3'-demetoxisoguaiacina; Nor-isoguaiacina; 3'-Demetoxisoguaiacina; 6,3'-Di-O-demetilisoguaiacina; el lignano (7R, 7'R)-7,7'-bis(4', 3, 4-trihidroxifenilo)-(8R, 8'S)-8, 8'-dimetiltetrahydrofurano y el flavonol 3-metoxi-6,7,4'-trihidroxi-flavonol) identificados como compuestos eficaces contra parásitos (Bashya *et al.*, 2017) y con una importante capacidad antioxidante (Martins *et al.*, 2012).

En la revisión bibliográfica no se encontraron reportes sobre el uso de *L. tridentata* en pollos, pero en hámsteres, el extracto etanólico de *L. tridentata* disminuyó los triglicéridos en plasma, el colesterol

peroxidation and an increase in antioxidant capacity in the liver (Del Vecchio-Tenorio *et al.*, 2016). Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of whole plant, grind leaves and aqueous extract of *L. tridentata* on performance, hepatic enzymes and organ weights of broilers, under the hypothesis that antioxidant capacity of secondary compounds of *L. tridentata* improve growth of poultry.

MATERIALS AND METHODS

Plant material and process

Whole *L. tridentata* plants were collected in desertic areas of San Luis Potosi, México. Plants were dried under mild sunlight to constant weight and leaves were separated from tails. A voucher specimen was identified by a certified professional of the Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Whole plant and leaves were ground in a laboratory mill (Wiley, model 4; Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) until a particle size of 1 mm was obtained. Infusion with deionized water was used for the extraction. The proportion of 30 mL of solvent per gram of poured and dry leaves was selected for the extraction procedure. Extraction was performed at 65 °C for 40 min. After extraction, tubes were cooled for 30 min 1 mL from each tube was transferred to one dried cresol, previously weighted and incubated at 96 °C until constant weight. The suspension was filtered through Whatman filter number 4 and concentrated in a Gastrovac vacuum pot (GC2000, ICC, Barcelona, Spain) at reduced pressure and 38 °C. Total dry was achieved by lyophilisation. The process was carried out in triplicate.

Feeds and measurements in broilers

Animal procedures were reviewed and supervised by a Bioethics Committee in accordance with the Official Mexican Regulations on Technical Specifications in the Production, Maintenance and Use of Laboratory Animals (DOF, 2001). Two hundred, one d old, Cobb broilers were housed in brooder battery cages (Petersime Inc., Gettysburg, OH) in a temperature-controlled room (25 °C) under 24 h light. There were 20 cages and ten broilers were allocated in each. Broilers from 1 to 7 d old fed a starter concentrate (Iniciarina Hi-Broiler, Cargill, México) and broiler from 8 to 49 d old fed a finisher concentrated (Engordina Hi-1, Cargill, México). Whole plant, leaves and powder aqueous extract of LT were added on top of the concentrate at 20 g t⁻¹ (as fed). Cages with chicks were randomly assigned to those treatments and had free access to

total, la insulina y leptina, y mejoró la sensibilidad de la insulina debido a una menor peroxidación lipídica y a un aumento en la capacidad antioxidante en el hígado (Del Vecchio-Tenorio *et al.*, 2016). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la planta completa, las hojas molidas y el extracto acuoso de *L. tridentata* en el desempeño, las enzimas hepáticas y el peso de los órganos de los pollos, bajo la hipótesis de que la capacidad antioxidante de los compuestos secundarios de *L. tridentata* mejora el crecimiento avícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material y procesamiento vegetal

Las plantas completas de *L. tridentata* se colectaron en zonas desérticas de San Luis Potosí, México. Las plantas se secaron bajo una luz solar tenue hasta alcanzar un peso constante y las hojas se separaron de los tallos. Un profesional certificado del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí identificó un espécimen de referencia. Las plantas completas y las hojas se molieron en un molino de laboratorio (Wiley, modelo 4; Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, EUA) hasta obtener un tamaño de partícula de 1 mm. Una infusión con agua desionizada se usó para la extracción. La proporción de 30 mL de solvente por gramo de hojas vertidas y desecadas se seleccionó para el procedimiento de extracción. La extracción se realizó a 65 °C durante 40 min. Después de la extracción, los tubos se enfriaron durante 30 min, se transfirió 1 mL de cada tubo a un crisol desecado, ya pesado e incubado a 96 °C hasta peso constante. La suspensión se filtró a través de un filtro Whatman de número 4 y se concentró en una olla al vacío Gastrovac (GC2000, ICC, Barcelona, España) a una presión reducida y a 38 °C. El secado total se alcanzó mediante liofilización. Este proceso se realizó por triplicado.

Alimento y mediciones en los pollos

Los procedimientos en los animales se revisaron y supervisaron por un Comité de bioética conforme a las Normas Oficiales Mexicanas para las Especificaciones Técnicas en la producción, mantenimiento y uso de animales de laboratorio (DOF, 2001). Doscientos pollos Cobb de 1 d de edad se alojaron en jaulas incubadoras en batería (Petersime Inc., Gettysburg, OH) en un cuarto con temperatura controlada (25 °C) bajo 24 h de luz. Diez pollos se colocaron en cada una de las 20 jaulas. Los pollos de 1 a 7 d de edad se alimentaron con un concentrado de inicio (Iniciarina Hi-Broiler, Cargill, México) y los pollos de

concentrate and fresh water. Body weight and feed intake were measured. Feed conversion (FC) was calculated according to North and Bell (1993) as follow: $FC = \text{feed intake} / \text{total weight gain}$. At the end of the 7 week, 3 broilers per pen were bled via cardiac puncture. Blood was into heparinized tubes for biochemical enzymes determination in serum. Gizzard, crop, bursa, liver and cecum were removed the weight recorded. Kits (Spinreact, S.A./S.A.V. Ctra. Santa Coloma, Spain) were used for determination of alanine aminotransferase (ALT, EC 2.6.1.2), aspartate aminotransferase (AST, EC 2.6.1.1), alkaline phosphatase (ALP, EC 3.1.3.1) in serum with a Mindray BA-88A Semi-auto Chemistry Analyser according to Burtis and Bruns (2008) procedures.

Statistical analysis

The experimental design was a complete randomized with four treatments: control (no *L. tridentate*), whole plant, leaves, and a powder aqueous extract; and 5 cages for each treatment. A cage with 10 births was considered as an experimental unit. Diets were randomly assigned to 20 cages. Data was analysed with the MIXED procedure (SAS, 2002), where the cage was considered as a random component and treatment as a fixed component in the model. Means were compared with Tukey test ($p \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Broilers fed whole plant, leaves or powder aqueous extract of *L. tridentate* had higher ($p \leq 0.05$) body weight and daily weight gain than control (Table 1). Because feed intake decreased ($p \leq 0.05$), and total weight gain increased ($p \leq 0.05$) with *L. tridentate* as compared to control, the feed conversion decreased ($p \leq 0.05$) in all groups of broilers fed *L. tridentate*. Powder aqueous extract of *L. tridentate* reduced ($p \leq 0.05$) the crop, gizzard and liver weights as compared to control, whole plant and leaves (Table 2). Duodenum, ceca, and bursa weights were not affected by *L. tridentate*.

Broilers fed powder aqueous extract of *L. tridentate* had the lowest ($p \leq 0.05$) serum hepatic enzyme concentration (Table 3) as compared to control and those fed whole plant and leaves. Necropsies of broilers did not show macroscopic organ lesions in organs. Secondary metabolites (Nordihydroguaiaretic acid; 3'-O-methylnordihydroguaiaretic; Nor-3'-demethoxyisoguaiacin; Nor-isoguaiacin; 3'-Demethoxyisoguaiacin; 6,3'-Di-O-

8 a 49 d de edad fueron alimentados con un concentrado final (Engordina Hi-1, Cargill, México). La planta completa, las hojas y el extracto acuoso en polvo de LT se añadieron encima del concentrado a $20 \text{ g } \tau^{-1}$ (como afreído). Las jaulas con pollos se asignaron aleatoriamente a dichos tratamientos. Los pollos tenían libre acceso al concentrado y agua fresca. El peso corporal y la ingesta de alimento se midieron. La conversión alimenticia (CA) se calculó según North y Bell (1993): $CA = \text{ingesta de comida} / \text{ganancia total de peso}$. Al concluir la semana 7 se sangraron 3 pollos de cada gallinero por punción cardíaca. La sangre se recolectó en tubos heparinizados para la determinación bioquímica de las enzimas séricas. La molleja, el buche, la bolsa de Fabricio, el hígado y el ciego se retiraron y se registró el peso. Kits (Spinreact, S.A./S.A.V. Ctra. Santa Coloma, España) se usaron para cuantificar la actividad de alanina aminotransferasa (ALT, EC 2.6.1.2), aspartato aminotransferasa (AST, EC 2.6.1.1) y fosfatasa alcalina (FA, EC 3.1.3.1) en suero con un analizador químico semiautomatizado Mindray BA-88A, según Burtis y Bruns (2008).

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cuatro tratamientos: control (sin *L. tridentata*), planta completa, hojas y extracto acuoso en polvo; 5 jaulas para cada tratamiento. Una jaula con 10 aves se consideró como una unidad experimental. Las dietas se asignaron de forma aleatoria a las 20 jaulas. Los datos se analizaron con el procedimiento MIXTO (SAS, 2002), la jaula se consideró como un componente aleatorio y el tratamiento como un componente fijo en el modelo. Las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los pollos alimentados con la planta completa, las hojas o con el extracto acuoso en polvo de *L. tridentata* presentaron un peso corporal y una ganancia de peso diaria mayores ($p \leq 0.05$) que el grupo testigo (Tabla 1). Debido a que disminuyó la ingesta de alimento ($p \leq 0.05$) y el peso total aumentó ($p \leq 0.05$) con *L. tridentata*, comparado con el grupo control, la conversión alimenticia disminuyó ($p \leq 0.05$) en todos los grupos de pollos alimentados con *L. tridentata*. El extracto acuoso en polvo de *L. tridentata* disminuyó ($p \leq 0.05$) los pesos del buche, la molleja y el hígado comparado con el control, la planta completa y las hojas (Tabla 2). Los pesos del duodeno, el ciego y la bolsa de Fabricio no fueron afectados por *L. tridentata*.

Table 1. Body weight and feed intake in broilers fed diets with *Larrea tridentata* (LT).
Cuadro 1. Peso corporal e ingesta de alimento en pollos alimentados con dietas con *Larrea tridentata* (LT).

Item (g)	Testigo	LT (20 g t ⁻¹ of concentrate)			SEM
		Whole plant	Leaves	Aqueous extract	
Initial body weight	40.9	41.3	41.0	42.1	0.04
Final body weight	1812.3 ^b	2220.3 ^a	2290.1 ^a	2365.2 ^a	2.10
Total weight gain	1771.1 ^b	2179.0 ^a	2249.1 ^a	2323.0 ^a	4.12
Average daily gain	36.1 ^b	44.4 ^a	45.9 ^a	47.4 ^a	0.21
Feed intake	6300.2 ^a	5890.2 ^b	5890.7 ^b	5800.6 ^b	5.21
Feed conversion	3.5 ^a	2.7 ^b	2.6 ^b	2.5 ^b	0.01

^{a,b} Means with different letter in a row are statistically different ($p \leq 0.05$). ❖ ^{a, b} Medias con letra diferente en una línea son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Table 2. Organ weights (g) of broilers at 49 d old fed diets with *Larrea tridentata* (LT).
Cuadro 2. Pesos (g) de los órganos de pollos con 49 d de edad alimentados con dietas con *Larrea tridentata* (LT).

Organ (g)	Testigo	LT (20 g t ⁻¹ of concentrate)			SEM
		Whole plant	Leaves	Aqueous extract	
Crop	6.1 ^a	6.2 ^a	6.0 ^a	5.2 ^b	0.11
Gizzard	20.3 ^a	19.5 ^a	19.1 ^a	15.2 ^b	0.89
Duodenum	13.7	14.1	14.1	14.3	0.71
Ceca	6.8	6.7	6.2	6.8	0.23
Bursa	1.9	2.1	2.0	1.9	0.10
Liver	65.6 ^b	65.0 ^b	64.9 ^b	61.1 ^a	0.61

^{a,b} Means in a column with different letter are statistically different ($p \leq 0.05$). ❖ ^{a, b} Las medias en una línea con letra diferente son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Table 3. Serum hepatic enzymes of broilers at 49 d old fed diets with *Larrea tridentata* (LT).
Cuadro 3. Enzimas hepáticas en suero de pollos con 49 d de edad alimentados con dietas con *Larrea tridentata* (LT).

Enzyme (IU L ⁻¹)	Testigo	LT (20 g t ⁻¹ of concentrate)			SEM
		Whole plant	Leaves	Aqueous extract	
Aspartate amine transferase	337.6 ^a	220.3 ^b	219.8 ^b	200.6 ^c	10.31
Alanine aminotransferase	5.5 ^a	4.5 ^b	4.2 ^b	3.7 ^c	0.21
Alkaline phosphatase	82.6 ^a	68.2 ^b	67.1 ^b	60.6 ^c	2.30

^{a-c} Means with different letter in a row are statistically different ($p \leq 0.05$). ❖ ^{a-c} Las medias con letra diferente en una línea son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

demethylisoguaiacin; the lignan (7R,7'R)-7,7'-bis(4',3,4-trihydroxyphenyl)-(8R,8'S)-8,8'-dimethyltetrahydrofuran; and the flavanol 3-methoxy-6,7,4'-trihydroxyflavonol) in *L. tridentata* were identified as effective compounds against parasites (Bashya *et al.*, 2017) and with antioxidant capacity (Martins *et al.*, 2012).

No reports of *L. tridentata* in broilers were found in the literature reviewed, but in mouse there was not negative effects of hot-water extract of *L. tridentata* on feed intake (Tejada de Hernández and Trigo-Tavera, 1974). The beneficial effects of *L. tridentata* on body weight and hepatic enzyme activity with powder extract aqueous could be related with the antioxidant activity of the bioactive compounds. The radical derivatives of oxygen (ROS) are the most important harmful free radical byproducts generated during the normal cellular functions in biological systems. Increasing intake of natural antioxidants may help to maintain a tolerable antioxidant status and the disease prevention (Nimse and Pal, 2015). At least three lignans isolated from leaves of *L. tridentata* had strong antioxidant activities against intracellular reactive oxygen species (Abou-Gazar *et al.*, 2004). Nine natural compounds from *L. tridentata* (ethanol: water extract) showed antioxidant properties in several *in vitro* experiments without significant cytotoxicity against non-cancerous cell lines (Skouta *et al.*, 2018).

In hamsters, *L. tridentata* ethanolic extract reduced plasma triglycerides, total cholesterol, insulin and leptin, and improved insulin sensitivity because of a lower lipid peroxidation and an increase in antioxidant capacity in the liver (Del Vecchio-Tenorio *et al.*, 2016). Hepatotoxic effects of *L. tridentata* are reported in rats (Lambert *et al.*, 2002), but it was not confirmed in our experiment since the levels of these enzymes were below the normal values for broilers (Bowes *et al.*, 1989).

In chicks, pullets and hens, plant extracts possess antimicrobial activity against pathogenic stains of *Salmonella* spp. (García-López *et al.*, 2016, 2017), yeasts and molds (Yadav *et al.*, 2016) that could affect poultry industry (Favela-Hernández *et al.*, 2012). In our study, *L. tridentata* also shows beneficial effects on growth performance and liver enzyme activity of broilers. The evaluations of the biological properties related to the antioxidant activity of these natural products are currently under investigation.

Los pollos alimentados con el extracto acuoso en polvo de *L. tridentata* presentaron la menor ($p \leq 0.05$) concentración sérica de enzimas hepáticas (Cuadro 3) comparados con el testigo y los pollos alimentados con la planta completa y las hojas. Las necropsias de los pollos no mostraron lesiones macroscópicas en los órganos. Los metabolitos secundarios (ácido nordihidroguayarático, NDGA; 3'-O-metilnordihidroguayarático; Nor-3'-demetoxisoguaiacina; Norisoguaiacina; 3'-Demetoxisoguaiacina; 6,3'-Di-O-demetilisoguaiacina; el lignano (7R, 7'R)-7,7'-bis(4',3,4-trihidroxifenilo)-(8R, 8'S)-8, 8'-dimetilte-trahidrofurano y el flavonol 3-metoxi-6,7,4'-trihidroxiflavonol) de *L. tridentata* se identificaron como compuestos eficaces contra parásitos (Bashya *et al.*, 2017) y con capacidad antioxidante (Martins *et al.*, 2012).

En la bibliografía consultada no se encontraron reportes de *L. tridentata* en pollos, pero en ratones no se observaron efectos negativos del extracto en agua caliente de *L. tridentata* en la ingesta de alimentos (Tejada de Hernández y Trigo-Tavera, 1974). Los efectos benéficos de *L. tridentata* en el peso corporal y la actividad de las enzimas hepáticas con el extracto acuoso en polvo podría estar relacionado con la actividad antioxidante de los compuestos bioactivos. Las especies reactivas de oxígeno (ROS) son los subproductos dañinos más importantes generados durante las funciones celulares normales en sistemas biológicos. El aumento en la ingesta de antioxidantes naturales podría ayudar a mantener un estado antioxidante tolerable y a prevenir enfermedades (Nimse y Pal, 2015). Al menos tres lignanos aislados de las hojas de *L. tridentata* presentaron una fuerte actividad antioxidante contra las especies reactivas de oxígeno intracelulares (Abou-Gazar *et al.*, 2004). Nueve componentes naturales de *L. tridentata* demostraron (extracto en etanol: agua) mostraron propiedades antioxidantes en diversos ensayos *in vitro* sin una citotoxicidad significativa en líneas celulares no tumorales (Skouta *et al.*, 2018).

En hámsteres, el extracto etanólico de *L. tridentata* disminuyó los triglicéridos en plasma, el colesterol total, la insulina y leptina, y mejoró la sensibilidad de la insulina debido a una menor peroxidación lipídica y a un aumento en la capacidad antioxidante en el hígado (Del Vecchio-Tenorio *et al.*, 2016). Efectos hepatotóxicos de *L. tridentata* se reportaron en ratas (Lambert *et al.*, 2002), pero esto no se confirmó en

CONCLUSION

Broilers fed the aqueous extract of *Larrea tridentata* showed a better performance response and decreased enzyme hepatic levels. Therefore, it could be a natural growth promoter in broiler diets.

LITERATURE CITED

- Abou-Gazar, H., E. Bedir, S. Takamatsu, D. Ferreira, and I. A. Khan. Antioxidant ligans from *Larrea tridentata*. *Phytochemistry* 17: 2499-2505.
- Arteaga, S., A. C. Andrade, and R. Cardenas. 2005. *Larrea tridentata* (Creosote bush), an abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nordihydroguaiaretic acid. *J. Ethnopharmacol.* 98: 231-239.
- Bashya, B., L. Li, T. Bains, A. Debnath, and D. V. La Barbera. 2017. *Larrea tridentata*: A novel source for anti-parasitic agents active against *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* and *Naegleria fowleri*. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 11: e0005832
- Bowes, V. A., R. J. Julian, and T. Stirtzinger. 1989. Comparison of serum biochemical profiles of male broilers with female broilers and White Leghorn chickens. *Can. J. Vet. Res.* 53: 7-11.
- Burtis, C., and D. Bruns. 2008. *Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry* (6th ed). Saunders Elsevier, St. Louis, Missouri. USA. 976 p.
- Cheesman, M. J., A. Ilanko, B. Blonk, and I. E. Cock. 2017. Developing new antimicrobial therapies: are synergistic combinations of plant extracts/compounds with conventional antibiotics the solution? *Pharmacogn. Rev.* 11: 57-72.
- Del Vecchio-Tenorio, G., M. Rodríguez-Cruz, A. Andrade-Cetto, and R. Cárdenas-Vázquez. 2016. Creosote bush (*Larrea tridentata*) improves insulin sensitivity and reduces plasma and hepatic lipids in hamsters fed a high fat and cholesterol diet. *Front. Pharmacol.* 7: 194.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2001. NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. 22/08/2001.
- EFSA (European Food Safety Authority) and ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control), 2018. The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2016. *EFSA J.* 16(2): 5182, 270 p.
- Favela-Hernández, J. M. J., A. García, E. Garza-González, V. M. Rivas-Galindo, and M. R. Camacho-Corona. 2012. Antibacterial and antimycobacterial lignans and flavonoids from *Larrea tridentata*. *Phytother. Res.* 26: 1957-1960.
- García-Lopez, J. C., G. Álvarez-Fuentes, J. M. Pinos-Rodríguez, Y. Jasso-Pineda, H. I. Contreras, M. A. Camacho-Escobar, S. López-Aguirre, H. A. Lee-Rangel, and J. A. Rendón-Huerta. 2017. Anti-inflammatory Effects of *Chrysactinia mexicana* Gray extract in growing chicks (*Gallus gallus domesticus*) challenged with LPS and PHA. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 6: 550-562.
- García-Lopez, J. C., J. M. Pinos-Rodríguez, G. Álvarez-Fuentes, B. I. Juárez-Flores, Y. Jasso-Pineda, M. A. Camacho-Escobar, S. López-Aguirre, and L. O. Hernández. 2016. Effect of *Chrysactinia mexicana* Gray extract on laying hens organs

nuestro experimento, ya que los niveles de estas enzimas eran menores a los valores normales en pollos (Bowes *et al.*, 1989).

En los polluelos, las pollas y las gallinas, los extractos vegetales poseen actividad antimicrobiana contra cepas patógenas de *Salmonella* spp. (García-Lopez *et al.*, 2016, 2017), levaduras y mohos (Yadav *et al.*, 2016) que podrían afectar la industria avícola (Favela-Hernández *et al.*, 2012). En nuestro estudio, *L. tridentata* también demostró efectos benéficos en el desempeño del crecimiento y en la actividad de las enzimas hepáticas de los pollos. La evaluación de las propiedades biológicas relacionadas con la actividad antioxidante de estos productos naturales se investiga actualmente.

CONCLUSIÓN

Los pollos alimentados con el extracto acuoso de *Larrea tridentata* mostraron una mejor respuesta en el desempeño y disminuyeron los niveles de enzimas hepáticas. Por lo que, podría funcionar como un promotor de crecimiento natural en la dieta de los pollos.

—Fin de la versión en Español—



- challenged with *Salmonella typhimurium*. *J. App. Life Sci. Int.* 5: 1-8.
- Gheisar, M M., and I. H. Kim. 2018. Phytochemicals in poultry and swine nutrition—a review. *It. J. Anim. Sci.* 17: 92-99
- Gnabre, J., R. Bates, and R. C. Huang. 2015. Creosote bush lignans for human disease treatment and prevention: Perspectives on combination therapy. *J. Trad. Compl. Med.* 5:119-126.
- Guzmán, B. S., M. A. Rubio, B., E. Juárez, F. S. Hernández, and M. Torres. 2016. Nordihydroguaiaretic acid (NDGA) and alpha-mangostin inhibit the growth of *Mycobacterium tuberculosis* by inducing autophagy. *Int. Immunopharmacol.* 31: 149-157.
- Hyder, P. W., E. L. Fredrickson, R. E. Estell, M. Tellez, and R. P. Gibbens. 2002. Distribution and concentration of total phenolics, condensed tannins, and nordihydroguaiaretic acid (NDGA) in creosote bush (*Larrea tridentata*). *Biochem. Syst. Ecol.* 30: 905-912.
- Lambert, J., D. Zhao, R. Meyers, R. Kuester, B. Timmermann, and R. Dorr. 2002. Nordihydroguaiaretic acid: hepatotoxicity and detoxification in the mouse. *Toxicol.* 40: 1701-1708.
- Martins, S., C. N. Aguilar, J. A. Teixeira, and S. I. Mussatto. 2012. Bioactive compounds (phytoestrogens) recovery from *Larrea tridentata* leaves by solvents extraction. *Separ. Purif. Technol.* 88: 163-167.

- Nimse, S. B., and D. Pal. 2015. Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *RCS Adv.* 5: 27986-28006.
- North M., O. and D. D. Bell. 1993. *Manual de Producción Avícola*. 3 ed. El Manual Moderno. México D.F. 829 p.
- Osman, K. M., A. D. Kappell, M. Elhadidy, F. ElMougy, W. A. Abd El-Ghany, A. Orabi, A. S. Mubarak, T. M. Dawoud, H. A. Hemeg, I. M. I. Moussa, A. M. Hessain, and H. M. Y. Youse. 2018. Poultry hatcheries as potential reservoirs for antimicrobial resistant *Escherichia coli*: a risk to public health and food safety. *Sci. Rep.* 8:5859.
- SAS, Statistical Analysis System. 2002. *SAS/STAT 9 User's Guide*. Carry, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Skouta R., K. Morán-Santibañez, C. A. Valenzuela, A. H. Vasquez, and K. Fenelon. 2018. Assessing the antioxidant properties of *Larrea tridentata* extracts as a potential molecular therapy against oxidative stress. *Molecules* 23: 1826.
- Tejada de Hernández, I., and F. Trigo Tavera. 1974. Evaluación biológica de la gobernadora (*Larrea tridentata*) con animales de laboratorio. *Tec. Pec.* 27: 17-21
- Yadav, A. S., G. Kolluri, M. Gopi, K. Karthick, Y. Malik, and K. Dhama. 2016. Exploring alternatives to antibiotics as health promoting agents in poultry —a review. *J. Exp. Biol. Agric. Sci.* 4: 368-383.