

Cama de aves de corral un factor importante en la seguridad alimentaria*

Poultry litter an important factor in food safety

OSPINA-BARRERO, MARIA-ALEJANDRA¹; BORSOI, ANDERLISE²;
PEÑUELA-SIERRA, LINA-MARIA³; VARON-LOPEZ, MARYEIMY⁴

RESUMEN

La cama es un componente esencial en la producción de aves de corral, ya que habitan sobre este material la mayor parte de su ciclo productivo, por consiguiente, en ella se puede encontrar heces, bacterias entéricas, patógenos de importancia zoonótica y/o de transmisión alimentaria, plaguicidas y antimicrobianos, los cuales pueden afectar la sanidad

Historial del artículo

Recibido para evaluación: 5 de Febrero 2020

Aprobado para publicación: 27 de Febrero 2021

* Título del proyecto de origen: "Respuesta de la microbiota de las camas de pollo de engorde, a la invasión de Salmonella Enteritidis". Financiación: Minciencias. Culminación: 30 de Mayo de 2022.

1 Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Grupo de Investigación Genética y Biotecnología Vegetal y Microbiana de la Universidad del Tolima. Magister en Medicina Veterinaria. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-0806-3677>

2 Universidad Tuiuti de Paraná, FACBS. Doctor en Ciencias Veterinarias. Curitiba, Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-4301-5686>

3 Universidad del Tolima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios. Doctor en Zootecnia. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-0483-2176>

4 Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Grupo de Investigación Genética y Biotecnología Vegetal y Microbiana. Doctor en Ciencias. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-1125-2329>

Correspondencia: maospina@ut.edu.co

Cómo citar este artículo: OSPINA-BARRERO, MARIA-ALEJANDRA; BORSOI, ANDERLISE; PEÑUELA-SIERRA, LINA-MARIA; VARON-LOPEZ, MARYEIMY. Cama de aves de corral un factor importante en la seguridad alimentaria. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 19, n. 2, 2021, p. 234-250. Doi: <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1451>

de las aves. Después del ciclo de producción avícola, la cama es comúnmente utilizada como fertilizante orgánico para mejorar la calidad de los suelos y los cultivos. A pesar de su amplio uso en la avicultura y agricultura, se conoce poco acerca de su importancia en la seguridad alimentaria, por lo cual, la presente revisión discute acerca de los patógenos y contaminantes presentes en la cama y sus riesgos para la seguridad alimentaria, además las prácticas de manejo y tratamientos más adecuados. Información que será útil para maximizar los usos de la cama y los desechos avícolas, para que estos no representen un peligro para las personas, animales y el medio ambiente.

ABSTRACT

The litter is an essential component in poultry production, as the birds inhabit this material for most of their production cycle. As a result, located in the litter is feces, enteric bacteria, pathogens of zoonotic importance and / or foodborne pathogens, pesticides and antimicrobials, which affect the health of birds. After the poultry production cycle, litter is commonly used as an organic fertilizer to improve the quality of the soil and of crops. Despite its wide use in poultry and agriculture, little is known about its importance in food security. The present study provides more information about litter-borne pathogens, the risks associated with contaminants and zoonotic diseases in the waste generated from poultry, management practices and treatments. It is essential to consider the impact of the litter because not doing so represents a danger to humans, animals, and the environment.

INTRODUCCIÓN

La avicultura es uno de los sectores pecuarios más importantes en el aporte de proteína de origen animal en Colombia, reflejado en el consumo per cápita de huevo (294 unidades) y de carne de pollo (34 kg), alcanzando una producción de 14.606 millones de unidades y de 1.624.000 toneladas respectivamente, para el año 2018 según la Federación Nacional de Avicultores (FENAVI, 2019). Estos productos avícolas se caracterizan por tener un gran valor nutricional ya que aportan aminoácidos, vitaminas y minerales, fundamentales en la base de la alimentación (FENAVI, 2019).

En la producción avícola, diferentes factores influyen en el bienestar, desempeño y salud de los animales, entre estos el sustrato de la cama donde habitan los pollos de engorde (Dunlop *et al.*, 2016). Este material, habitualmente contiene residuos de antimicrobianos, amoníaco, plaguicidas y patógenos zoonóticos, los cuales representan un peligro para las aves (Brooks *et al.*, 2016). Después de su uso en la avicultura, la cama es utilizada como fertilizante, muchas veces sin un tratamiento correcto, contaminando el medio ambiente e incluso los vegetales cultivados para consumo humano, lo que podría desencadenar brotes de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) (Agostinho *et al.*, 2020).

PALABRAS CLAVE:

Agricultura; Antimicrobianos; Avicultura; Cama de aves; Desechos avícolas; Fertilizante; Gallinaza; Patógenos; Pollinaza; Seguridad alimentaria.

KEY WORDS:

Agriculture; Antimicrobials; Poultry; Poultry litter; Poultry waste; Fertilizer; Chicken manure; Pathogens; Poultry manure; Food safety.

Por tal razón, es necesario prestar atención a los factores involucrados en el sistema de producción avícola, siendo el manejo de la cama uno de los factores más importantes (Brooks *et al.*, 2016); teniendo en cuenta que patógenos como *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp. Son frecuentemente aislados de este material, los cuales son agentes etiológicos de la salmonelosis y campilobacteriosis en humanos y comúnmente son asociadas con el consumo de productos avícolas (Kagambèga *et al.*, 2018). Así mismo, estudios epidemiológicos relacionados a estas enfermedades en aves de corral, junto con las altas incidencias de ETA, indican que las medidas de control de estas enfermedades son insuficientes (Premarathne *et al.*, 2017; Castañeda-Salazar *et al.*, 2018).

Por consiguiente, el objetivo de la presente revisión, es discutir la importancia de la cama de aves de corral en la seguridad alimentaria y sus riesgos como fuente de contaminantes, con el fin de generar un referente en Colombia, para que se realicen controles sobre este material y se asegure su calidad e inocuidad y así puedan ser usados en la avicultura y la agricultura.

DESARROLLO DEL TEMA

Propiedades de la cama

La cama es el material que cubre el piso del galpón, la cual contribuye al bienestar y el desarrollo adecuado a las aves, se utiliza para reducir fluctuaciones de temperatura, absorber el agua, incorporar heces, orina y plumas (Bolan *et al.*, 2010; Dunlop *et al.*, 2016). Además, interfiere en la sanidad del galpón, debido al hábito de consumo de cama y el contacto directo de los animales con este material (Wang *et al.*, 2016; Stojcic *et al.*, 2016). Entre los insumos aprovechados como sustrato para la cama se encuentran: la cascarilla de café, mazorca de maíz molida, viruta de madera, cascarilla de frijol, paja de heno, cáscara de papa, cáscara de coco, cáscara de maní y cascarilla de arroz (Wang *et al.*, 2016; Stojcic *et al.*, 2016).

Después de la cría de un lote de aves de corral, la cama se composta junto con las excretas y bacterias entéricas de los animales, residuos de la dieta, plumas e insectos (Wang *et al.*, 2016); dando origen a una combinación rica en nitrógeno, fósforo y potasio, nutrientes importantes para la multiplicación de los microorganismos (Paterlini *et al.*, 2017). En un lote de pollo de engorde se producen aproximadamente 6,9 kg de pollinaza por cada 1000 kg de peso vivo por día (Bolan *et al.*, 2010), obligando al sector agrícola a buscar alternativas sostenibles para el uso de estos desechos. Por esta razón, la reutilización de la cama en pollos de engorde es una práctica común en la avicultura moderna, debido a su alto costo, escasez y material contaminante (Vaz *et al.*, 2017). Sin embargo, este reuso causa un aumento en la humedad, pH, amoníaco y diversidad de microorganismos principalmente patógenos, los cuales pueden transmitirse de un ciclo productivo a otro (Wang *et al.*, 2016; Vaz *et al.*, 2017).

Patógenos de transmisión alimentaria en la cama

Entre los microorganismos aislados en camas de aves de corral se encuentran patógenos productores de ETA tales como: *Salmonella* spp, *Streptococcus*, *Campylobacter* spp, *Corynebacterium*, *Listeria monocytogenes*, *Globicatella*, *Bordetella*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum* y *Staphylococcus aureus* (Bolan *et al.*, 2010) como se muestra en el cuadro 1.

Estos patógenos pueden transmitirse de un ciclo productivo a otro por diversos factores como son el reuso de la cama sin tratamientos adecuados por varios lotes consecutivos, el hábito de consumo de cama por las aves y el contacto directo de los animales con este material, pudiendo provocar un aumento de la transmisión de estos microorganismos dentro de la cadena alimentaria hasta el consumidor (Dunlop *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2016). Ejemplo de ello son las relaciones fenotípicas y genéticas encontradas entre *S. Enteritidis* aislada de humanos con gastroenteritis y aves de corral en el Tolima (Fandiño and Verjan, 2019).

Así mismo, los brotes de ETA presentados en Colombia en los últimos tres años (2017- 2019), pueden estar influenciados por la contaminación de los pollos de engorde en las granjas, debido a que los productos de origen animal (cárnicos, principalmente el pollo) fueron los alimentos mayormente involucrados, siendo los agentes etiológicos hallados con mayor frecuencia: *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* y Coliformes fecales (patógenos reportados en cama de aves de corral) Instituto Nacional de Salud (INS 2017, 2018, 2019).

Cuadro 1. Patógenos en cama y heces de aves de corral, fuente de infección para humanos y síntomas de las infecciones.

Patógeno	Fuente de infección	Síntomas en humanos	Referencias
<i>Campylobacter spp.</i>	Consumo de productos avícolas contaminados con <i>Campylobacter spp.</i> , provenientes de lotes de pollos con camas reutilizadas.	Enfermedad inflamatoria intestinal, esófago de Barrett y cáncer colorrectal, bacteremia, infecciones pulmonares, abscesos cerebrales, meningitis y artritis reactiva.	(Ahmed <i>et al.</i> , 2013)
<i>Salmonella spp.</i>	Consumo de pollo contaminado con <i>Salmonella spp.</i> , mediante la ingestión de cama infectada en el periodo de retiro de alimento, antes de ser enviados a la planta de beneficio	Inflamación intestinal, diarrea mucopurulenta o sanguinolenta, acompañada de fiebre, vómitos y calambres abdominales.	(Andoh <i>et al.</i> , 2017; Kagambèga <i>et al.</i> , 2018)
<i>Escherichia coli</i>	Contacto con cama de aves de corral contaminada o consumo de productos avícolas contaminados.	Diarrea, colitis hemorrágica y síndrome urémico hemolítico	(Shecho <i>et al.</i> , 2017; Bell-cohn <i>et al.</i> , 2019)
<i>Staphylococcus aureus</i>	Infecta a los humanos a través del aire, agua y granjas agrícolas donde el estiércol de aves es utilizado como fertilizante orgánico.	Infecciones de piel y tejidos blandos, abscesos, conjuntivitis, osteomielitis, meningitis, sepsis, endocarditis o neumonía.	(Kobayashi <i>et al.</i> , 2015; Smith, 2015)
<i>Clostridium botulinum</i>	Consumo de carne bovina contaminada por esporas de la bacteria en suelos fertilizados con gallinaza o pollinaza.	Insuficiencia respiratoria, problemas digestivos, alteraciones neurológicas y en algunos casos muerte súbita.	(Pignata <i>et al.</i> , 2019)
<i>Clostridium perfringens</i>	Consumo de alimentos, agua, suelo contaminados con cama de aves de corral.	Diarrea, dolor abdominal, muertes ocasionales en adultos mayores y personas hospitalizadas	(Labbe and Juneja, 2017; Milanov <i>et al.</i> , 2019)
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ingestión de agua y vegetales contaminados después de la aplicación de cama de aves de corral en el suelo. Consumo de aves y carne bovina contaminada con la bacteria.	Gastroenteritis leve a severa, afecta principalmente a niños, personas inmunocomprometidas y puede provocar septicemia, meningitis e infección fetal o aborto.	(Dahshan, 2016; Radoshevichand Cossart, 2017)
<i>Penicillium</i>	Trabajadores inhalan polvo al esparcir la cama de aves de corral contaminada en los galpones y en el campo.	Estos hongos son fuente de aflatoxinas relacionadas con diferentes tipos de cáncer entre estos el de hígado.	(Viegas <i>et al.</i> , 2015; Ramirez <i>et al.</i> , 2017)
<i>Fusarium</i>	Inhalación de partículas al esparcir la cama de aves de corral contaminada en los galpones y en suelos.	Onicomycosis, queratitis, sinusitis, neumonía en pacientes inmunodeprimidos.	(Martínez <i>et al.</i> , 2014; Gómez <i>et al.</i> , 2018)
<i>Histoplasma capsulatum</i>	Trabajadores inhalan polvo al esparcir la cama de aves de corral contaminada en los galpones o por manipulación de fertilizantes orgánicos.	Histoplasmosis, afecciones respiratorias y alteraciones neurológicas.	(Gómez <i>et al.</i> , 2018; Riddell and Wheat, 2019)
<i>Cryptosporidium</i>	Beber agua contaminada, consumo de productos frescos que han sido fertilizados con estiércol de aves de corral.	Dolor abdominal, fiebre, vómitos, malabsorción y diarrea. Los pacientes con VIH (no tratados con terapia antirretroviral), a menudo sufren de diarrea intratable, que puede ser mortal.	(Ryan <i>et al.</i> , 2016; Vermeulen <i>et al.</i> , 2017)
Virus de la influenza aviar tipo A	Cama de aves de corral utilizada como fertilizante en jardinería con heces contaminadas con el virus H5N1.	Fiebre, dolor de garganta y cabeza, tos, dificultad respiratoria y muerte.	(Kandun <i>et al.</i> , 2010)
Virus de la enfermedad de Newcastle	Mal manejo del estiércol de aves de corral.	Conjuntivitis	(Guan <i>et al.</i> , 2009)

Otros factores que pueden influir en la transferencia de patógenos presentes en las camas a los humanos es el uso de la gallinaza o pollinaza como acondicionadores de suelos sin un tratamiento correcto, dado que los mi-

croorganismos al llegar a este ambiente pueden contaminar vegetales, como la lechuga, espinacas y tomate, que al consumirse de forma cruda representan un mayor riesgo (Fang *et al.*, 2015; Shah *et al.*, 2019).

Salmonella spp. y *Campylobacter* spp. son los microorganismos de mayor distribución en camas de aves a nivel mundial, su supervivencia depende del serotipo, manipulación de la cama, edad de las aves, área geográfica y época del año (Li *et al.*, 2007) (cuadro 2). *Salmonella* spp. se puede encontrar en cama de pollo de engorde de $1,1$ a 4×10^5 UFC/g, (Unidades Formadoras de Colonias); con un porcentaje de aislamiento variable, con valores del 50 % en Mumbai, India; del 53,33 % Gobernación de Beni Suef (Ibrahim *et al.*, 2013); y del 72 % en Kyushu, Japón (Yamazaki *et al.*, 2016).

Cuadro 2. Tiempo de supervivencia de patógenos de transmisión alimentaria en cama y heces de aves corral

Cama o heces	Serotipo	Tiempo de supervivencia	Referencia
Cama de pollo 70 °C a 20-30-40-50 % de humedad	<i>Salmonella</i> spp.	>6 horas	(Chen <i>et al.</i> , 2013)
Cama de pollo nueva 50 °C	<i>Salmonella</i> spp.	< 50 horas	(Biswas <i>et al.</i> , 2019)
Cama de pollo nueva 60 °C	<i>Salmonella</i> spp.	< 1 hora	(Biswas <i>et al.</i> , 2019)
Cama de pollo nueva 50 °C	<i>Escherichia coli</i>	>66 horas	(Biswas <i>et al.</i> , 2019)
Cama de pollo nueva 60 °C	<i>Escherichia coli</i>	< 3 horas	(Biswas <i>et al.</i> , 2019)
Cama de pollo almacenada profundidad (50 cm) en invierno	<i>Escherichia coli</i> (BLEE)	48 horas	(Siller <i>et al.</i> , 2020)
Superficie de cama de pollo almacenada en invierno	<i>Escherichia coli</i> (BLEE)	>72 horas	(Siller <i>et al.</i> , 2020)
Superficie de cama de pollo almacenada en verano	<i>Escherichia coli</i> (BLEE)	>72 horas	(Chen and Jiang, 2014)
Heces de gallina ponedora inoculadas artificialmente 20 °C a 40-60 % de humedad relativa	<i>C. jejuni</i>	72-96 horas	(Ahmed <i>et al.</i> , 2013)
Heces de gallina ponedora	<i>C. jejuni</i>	120 -144 horas	(Bell-cohn <i>et al.</i> , 2019)
Heces de pollo inoculadas en microaerofilia	<i>C. jejuni</i>	72 horas	(Smith <i>et al.</i> , 2016)
Heces de pollo inoculados en condiciones aerobias	<i>C. jejuni</i>	48 horas	(Smith <i>et al.</i> , 2016)
Cama de pollo	<i>C. jejuni</i>	4 horas	(Smith <i>et al.</i> , 2016)

Otros de los contaminantes encontrados con frecuencia en la cama son los residuos de antibióticos, utilizados en la avicultura para prevenir y tratar enfermedades infecciosas o como promotores del crecimiento animal (APC) (Xiong *et al.*, 2018), los cuales se suministran en dosis subterapéuticas en la dieta de las aves, con el fin de aumentar la tasa de crecimiento, rendimiento productivo y proteger la salud de los animales al modificar el sistema inmunológico (Gonzalez and Angeles, 2017).

Entre los APC manejados en la industria avícola se encuentran: la enramicina, bacitracina de zinc, virginiamicina, avilamicina, entre otros, los cuales no se absorben completamente en el intestino de los pollos y hasta un 90 % de la dosis administrada puede excretarse en las heces (Yang *et al.*, 2017) (Cuadro 3); motivo por el cual se han detectado trazas de antibióticos y bacterias resistentes a los antibióticos en suelos y cultivos fertilizados con gallinaza o pollinaza, lo que podría generar un riesgo potencial para la salud humana (Kassem *et al.*, 2017).

En este sentido, a nivel mundial se han desarrollado investigaciones con el fin de determinar los mecanismos y perfil de resistencia bacteriana en camas de aves de corral, es así, como Nandi *et al.* (2004) cuantificaron genes de resistencia a los antibióticos e integrones y encontraron que el reservorio principal para los integrones de Clase 1, son las bacterias Gram-positivas, las cuales constituyen más del 85 % de la comunidad microbiana presente en camas de aves. Islam *et al.* (2008) investigaron la relación entre el uso de antibióticos y el desarrollo de resistencia en cepas de *E. coli* aisladas de cama, en Chittagong, Bangladesh, donde encontraron que todos los aislados eran sensibles a imipenem y a su vez expresaron resistencia a múltiples antibióticos, como, ciprofloxacina (30 %), gentamicina (50 %), eritromicina (66,6 %), tetraciclina (96,6 %), penicilina (100 %), y cloranfenicol (100 %). Los investigadores concluyeron que los aislados de *E. coli* multirresistentes y los plásmidos que contie-

nen genes resistentes a múltiples antibióticos están presentes en las granjas avícolas y las aves pueden actuar como una posible fuente de transferencia de estos estos patógenos y sus genes a humanos.

Cuadro 3. Nivel de excreción de antibióticos en heces de pollos.

Antibiótico	Porcentaje	Referencia
Tetraciclinas	75 - 80 %	(Kumar <i>et al.</i> , 2004)
Lincosamidas	60 %	
Macrólidos	50 - 90 %	
Penicilina Salinomicina Bacitracina Clortetraciclina Virginiamicina y Monensina	3 - 60 %	

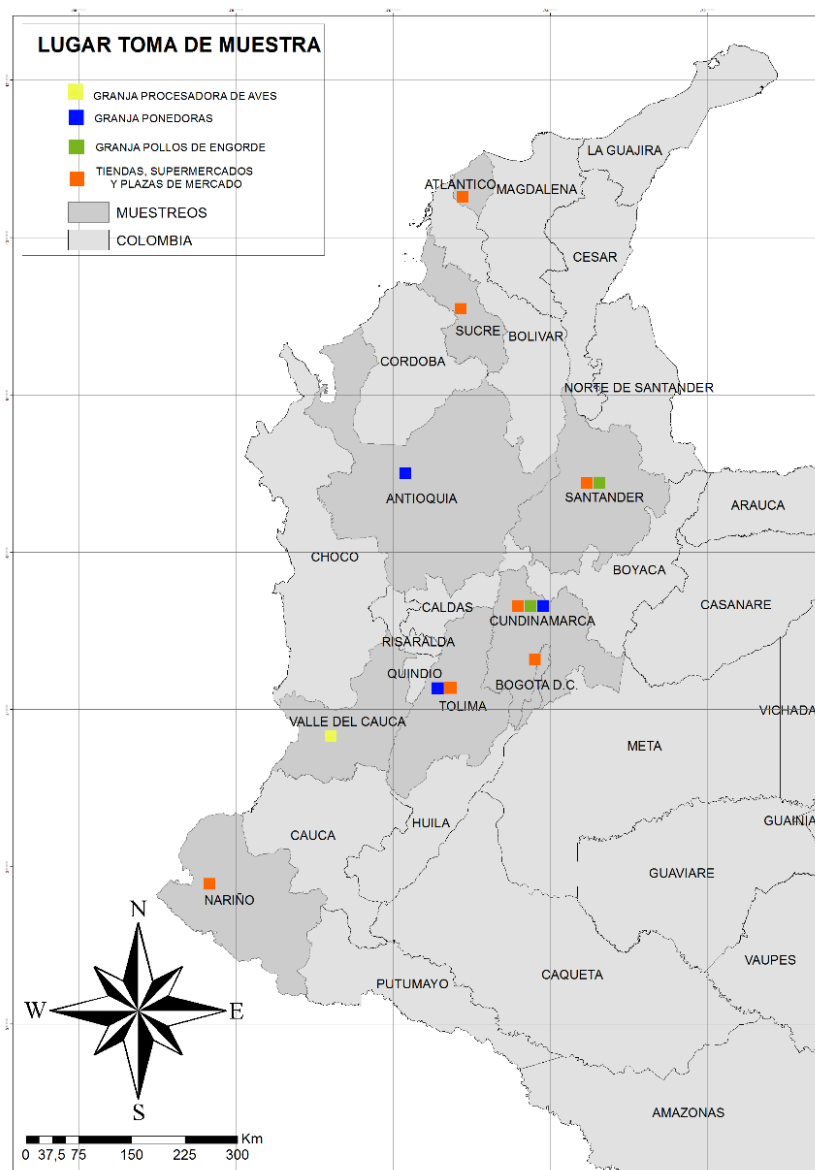


Figura 1. Departamentos y tipos de muestras dentro de la cadena avícola en los cuales se aislado *Salmonella* y *Campylobacter*

Año del estudio	Departamento	Lugar toma de muestra	Tipo de muestra	Serotipos	Referencia
1985	Valle del Cauca	Granja procesadora de aves	Canal de pollo y ciegos	<i>C. jejuni</i>	(Carmona, 1985)
2004	Antioquia	Granja ponedoras	Hisopos cloacales	<i>S. Enteritidis</i>	(Buitrago et al., 2006)
			Hisopos cloacales y cama	<i>S. Infantis</i>	
			Tejidos, corazón, hígado, vesícula, ovario, oviducto, tonsila cecal	<i>S. Enteritidis</i> <i>S. Infantis</i> <i>S. Derby</i>	
2009	Cundinamarca	Granja ponedoras	Hisopos de arrastre (cama)	<i>S. Yoruba</i>	(Pulido et al., 2014)
2008-2010	Cundinamarca-Santander	Granja pollos engorde	Hisopos de arrastre (cama) y muestras fecales	<i>S. Paratyphi S. Heidelberg</i>	(Donado et al., 2012)
2010-2011	Sucre Santander Tolima Cundinamarca Nariño Atlántico	Tiendas, supermercados	Canales de pollo	<i>S. Paratyphi B dT S. Heidelberg S. Anatum S. Enteritidis S. Derby S. Typhimurium S. Albany S. Bardo Braenderup S. Kentucky S. Essen S. Mbandaka S. Bareilly S. Tokoin S. Cuckmere S. Highton S. Uganda S. Hillingdon S. Hoboken S. Isangui S. Manhattan S. Virchow S. Stanley S. Muenchen S. Senftenber S. Wagenia S. Yovokome</i>	(Donado et al., 2014)
2013	Tolima	Granja ponedoras	Zapatones (cama)	<i>S. Shannon S. Enteritidis</i>	(Rodríguez et al., 2015)
2014	Tolima (Ibagué)	Tiendas, supermercados	Canales de pollo	<i>S. Paratyphi B S. Hvitvingfoss S. Newport S. Bovismorbificans S. Muenster S. Typhimurium S. Heidelberg S. Braenderup S. Skansen S. Budapest S. Manhattan S. Othmarschen S. Schwarzengrund</i>	(Rodríguez JM et al., 2015)
2015	Bogotá (Cundinamarca)	Tiendas y plazas de mercado	Pechugas de pollo	<i>Salmonella</i> spp. <i>S. enterica</i> group IIIb <i>S. Virchow S. Bredeney S. Anatum</i>	(Castañeda-Salazar et al., 2018)
2016	Santander	Granja pollos engorde	Hisopos cloacales	<i>S. Heidelberg</i>	(Castro et al., 2019)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014), la resistencia antimicrobiana se ha transformado en un importante problema para la salud pública, principalmente cuando se origina frente a antimicrobianos de primera línea de elección, ya que la principal amenaza es que a corto plazo no existirán antimicrobianos para tratar este tipo de bacterias resistentes en la medicina humana; aproximadamente 7,000,000 muertes por año en el mundo se han asociado a esta problemática (Xie et al., 2018).

Adicional a los contaminantes mencionados, cuando las camas son sometidas a tratamientos térmicos inadecuados, se genera dioxinas como subproducto del uso de antibióticos y anticoccidiales clorados como el amprolio, diclazuril y clodipol (Kyakuwaire et al., 2019; Liu et al., 2019). Las cuales tienen un efecto disruptor endocrino, carcinogénico y mutagénico en animales y humanos (Kyakuwaire et al., 2019; Conesa et al., 2019). Por esta razón es importante tener en cuenta la temperatura y el tiempo de incineración de la cama, cuando se va utilizar como fuente de energía o para su eliminación.

Manejo y tratamientos de la cama

En las buenas prácticas de manejo de la cama en los sistemas de producción avícola, se deben considerar la elección del material que la constituyen, tratamiento y condiciones en las cuales debe ser retirada del galpón

al final del ciclo productivo, ya que al tener en cuenta estos factores se contribuye a reducir los malos olores y las características favorables para la supervivencia de patógenos en este ambiente. Con base en lo anterior, en el presente estudio se realizó una encuesta a profesionales directores de granjas productoras de material genético registradas ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) con registro vigente al año 2020, a fin de evidenciar las prácticas de manejo de la cama en este sistema de producción. Se encontraron 148 granjas registradas, de las cuales fue posible obtener información de 101. Se elaboró una encuesta con cinco preguntas de tipo cerrada y una de tipo abierto, la cuales fueron enviadas por correo electrónico, datos que fueron tabulados para realizar un análisis descriptivo y porcentual de los mismos.

Se evidenció que la mayoría se encuentran en el Valle del Cauca (53 %) y Cundinamarca (31 %) y en una menor proporción en los departamentos de Tolima (7 %), Atlántico 6 %) y Santander (3 %). Se logró constatar que el material predominante utilizado como cama fue viruta de madera (62 %) y cascarilla de arroz (38 %), lo cual dependía principalmente de la oferta de estos subproductos en la región. Es de resaltar que la viruta de madera resulta ser una elección que favorece la inocuidad de la cama, dado que la madera contiene metabolitos con efecto antimicrobiano (Vainio *et al.*, 2017), además posee una buena capacidad de absorción de la humedad, disminuyendo la supervivencia de patógenos en este material (Farhadi, 2014).

Así mismo, se encontró que antes del ciclo productivo la mayoría de las granjas (98 %) realizan algún tipo de tratamiento de la cama, siendo el uso de bactericidas y antifúngicos el de mayor elección, seguido del uso de cal y calor (figura 2). Este tipo de procedimientos reduce el crecimiento de patógenos (Sheffield *et al.*, 2018) y con ello disminuye el riesgo de infección en las aves.

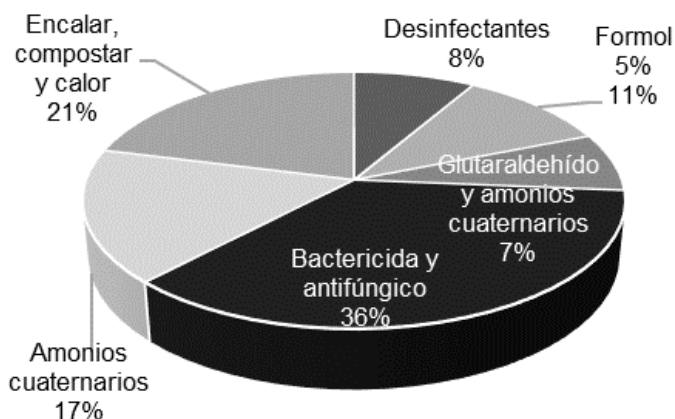


Figura 2. Tratamiento de la cama antes de su uso.

Por otro lado, también se encontró que terminado el ciclo de producción, el 79 % de las granjas realizaban sanitización como tratamiento final de las camas y el restante compostaje, para realizar un seguimiento del control microbiológico de las camas el 74 % de las granjas realizaban este tipo de análisis, tanto en las camas antes de la entrada de las aves, durante el ciclo productivo o después del tratamiento final. Otro de los resultados encontrados a través de este estudio, fue que el 88 % de las granjas vendían la gallinaza y el 22 % la utilizaban como abono y fertilizante, indicando que todo el material obtenido al final del proceso productivo tenía un uso posterior. Esto indica que realmente es fundamental conocer el estado microbiológico de las camas, para poder plantear y tomar medidas que contribuyan a la reducción de la carga de patógenos y por lo tanto evitar infección en las aves. Igualmente, es necesario resaltar que así el material de la cama sea sometido a algún tipo de tratamiento es necesario realizar de nuevo análisis microbiológicos que permitan verificar la eficacia de los mismos, ya que a pesar de que el compostaje es un método adecuado para eliminar patógenos, antibióticos y genes de resistencia

a antibióticos (ARG) en el estiércol (Soliman *et al.*, 2018), se ha encontrado que la eficacia de este proceso es cuestionable, puesto que es posible que la técnica no siempre sea suficiente para garantizar la inactivación completa de los patógenos y la reducción de los ARG dentro de toda la masa de compost (Castañeda-Salazar *et al.*, 2018; Agostinho *et al.*, 2020). Además, existe otra preocupación como es la presencia de los metales pesados, los cuales no se degradan y / o eliminan, por el contrario pueden concentrarse durante el proceso de compostaje, lo que representa una presión de selección bacteriana a largo plazo (Yang *et al.*, 2017).

Es importante resaltar que un tratamiento deficiente de este material podría comprometer la salud y bienestar de los animales, por consiguiente es un riesgo para la salud pública; ejemplo de ello es la contaminación cruzada de las canales en el momento del beneficio, donde animales que han sido criados en camas contaminadas por bacterias causantes de ETA pueden ser fuente de transmisión para los seres humanos, ya que la cama interfiere en la composición de la microbiota gastrointestinal de las aves (Wang *et al.*, 2016).

Por esta razón, un buen tratamiento de las camas es vital para reciclar grandes cantidades de desechos orgánicos que son una fuente importante de fertilizantes para uso agrícola (De Melo *et al.*, 2019). En este sentido, con el fin de disminuir olores desagradables, niveles de amoníaco y carga de patógenos en las camas, son utilizados procedimientos químicos, físicos y biológicos (Kim *et al.*, 2012; Pereira, 2016; Thomas *et al.*, 2019).

Tratamientos químicos. Diversos tratamientos químicos modifican el pH de la cama, entre los que se encuentran; el sulfato de aluminio el cual presenta actividad inhibitoria del crecimiento de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp. (Arsi *et al.*, 2017) y la cal viva o cal hidratada, que se utiliza para desinfectar y estabilizar la cama antes del ingreso de las aves al galpón, debido a que reduce la cantidad de agua libre y además eleva el pH por encima de los rangos de tolerancia de la mayoría de los patógenos entéricos (Saraiva *et al.*, 2019). Aunque los tratamientos químicos son recomendados para la reducción de patógenos en cama de aves, se debe tener en cuenta que la microbiota interfiere con la eficacia de estos compuestos haciendo que este tipo de tratamientos a grande escala sea poco rentable (Chen and Jiang, 2014).

Tratamientos físicos. Son aconsejados para reducir o eliminar patógenos en los desechos animales y los principales factores que deben ser considerados para que sean eficientes son: temperatura, duración del proceso y grado de humedad (Kim *et al.*, 2012; Arsi *et al.*, 2017; Thomas *et al.*, 2019). Para producir un producto tratado con calor que arroje un resultado negativo o menor del límite de detección para *Salmonella* spp. en cama de pollo, el rango de temperatura debe ser de 65 a 80 °C durante 30 a 60 minutos (Kim *et al.*, 2012).

El calor seco con compostaje o sin compostaje es uno de los métodos más empleados, sin embargo, algunos patógenos pueden soportar altas temperaturas, como *Salmonella* Typhimurium adaptada a la desecación en cama de pollo de engorde, gracias a la activación de los genes *rpoS* (regulador de la respuesta de estrés general), *proV* (osmoprotector), *dnaK* (proteína chaperona) y *grpE* (proteínas de choque térmico) (Chen and Jiang, 2017), otro mecanismo de resistencia a condiciones adversas en desechos animales de este patógeno es su entrada en estado viable no cultivable, lo que representa un riesgo para la salud humana ya que las bacterias conservan su potencial infectivo (Chen *et al.*, 2018).

Tratamientos biológicos. Con el fin de acelerar procesos de compostaje, disminuir niveles de amoníaco y malos olores en camas en granjas avícolas, se utilizan microorganismos eficientes como bacterias ácido láctico, levaduras, hongos y actinomicetos, microorganismos inocuos para los seres humanos y los animales (Pereira, 2016).

Compostaje. Proceso biológico mediante el cual los microorganismos transforman la materia orgánica biodegradable en productos estables similares al humus, donde se genera calor el cual inactiva los patógenos de origen animal presentes en estos residuos (Chen *et al.*, 2018). Su efectividad depende de la temperatura, suministro de oxígeno, contenido de humedad, pH, relación carbono/nitrógeno (C/N), tamaño de partícula, grado de compactación y microbiota autóctona (Kim *et al.*, 2012; Paterlini *et al.*, 2017). Involucra tres fases: mesófila, termófila (etapa de compostaje activo, llega a una temperatura óptima de 60 °C, donde los patógenos entéricos gene-

ralmente son inactivados) y una fase de curación donde se da una disminución del calor hasta lograr una temperatura ambiente al final del proceso (Ren *et al.*, 2018); la humedad optima en estas fases es de 40-60 %, vale resaltar que humedades muy altas (> 70 %) o bajas (< 40 %) pueden desacelerar o inhibir el proceso biológico (Singh and Kalamdhad, 2015).

Aunque el producto final del compostaje es considerado como un buen fertilizante, de alta calidad y seguro, prácticas de manejo inapropiadas, como no volcar las pilas, no usar cubiertas aislantes para evitar disparidades en la estratificación de la temperatura, pueden conducir a la supervivencia de patógenos (Thomas *et al.*, 2019). Finalmente, después de este proceso es importante tener en cuenta las condiciones y tiempo de almacenamiento del material antes de ser utilizado como enmienda, debido a que periodos largos, relación carbono/ nitrógeno, propiedades fisicoquímicas y microflora adaptada del compost, afectan la inactivación térmica de patógenos (Kim *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2018).

RECOMENDACIONES

Es recomendable realizar análisis microbiológicos a las camas de aves antes, durante y después del ciclo de producción para asegurar la salud de las aves, medio ambiente, animales y humanos. No se debe utilizar gallinaza o pollinaza fresca sin tratamiento, ya que esta práctica contribuye a la diseminación de residuos nocivos, antibióticos, patógenos y sus genes de resistencia. Por otro parte, en Colombia son necesarios estudios que evalúen la supervivencia de patógenos en camas de aves con materiales como viruta de madera y cascarilla de arroz, igualmente en fertilizantes orgánicos derivados de la avicultura con el fin de evaluar el riesgo del uso de estos materiales ya que la mayoría de estudios son en países desarrollados y con diferentes condiciones climáticas.

CONCLUSIONES

En conclusión, con base a la importancia que tiene la cama de aves de corral como fuente indirecta de patógenos y residuos nocivos para los humanos, independientemente del material utilizado para este fin, es necesario realizar procesos adecuados, enfocados al manejo de olores, residuos de antibióticos, patógenos zoonóticos o de transmisión alimentaria, que puedan causar problemas de salud pública y de seguridad alimentaria. Además, en Colombia existe la necesidad de generar normas para regular los límites de residuos de antibióticos y metales pesados permitidos en desechos avícolas, datos que ayudaran a buscar estrategias para el control de la cama y con ello poder direccionar cual es el uso que se le puede dar después de la cría de aves o como debe ser su disposición final.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la oficina de investigaciones de la Universidad del Tolima, Minciencias y a la Gobernación del Tolima, por la financiación de la investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

No se declara ningún conflicto de interés

FINANCIACIÓN

La presente investigación fue financiada por la convocatoria para la formación de capital humano de alto nivel para el departamento del Tolima número 755 de 2016 II-Cohorte.

REFERENCIAS

- AGOSTINHO, J.M.A.; CARDOZO, M.V.; BORZI, M.M.; MARIN, J.M. Antibiotic resistance and virulence factors among *Escherichia coli* isolates from avian organic fertilizer. *Ciência Rural*, v. 50, n. 2, 2020, e 20180849. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180849>
- AHMED, M.F.M.; SCHULZ, J.; HARTUNG, J. Survival of *Campylobacter jejuni* in naturally land artificially contaminated laying hen feces. *Poultry Science*, v. 92, 2013, p. 364-369. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02496>
- ANDOH, L.A.; AHMED, S.; OLSEN, J.E.; OBIRI-DANSO, K.; NEWMAN, M.J.; OPINTAN, J.A.; DALSGAARD, A. Prevalence and characterization of Salmonella among humans in Ghana. *Tropical medicine and health*, v. 45, n. 1, 2017, p. 1-11. <https://doi.org/10.1186/s41182-017-0043-z>
- ARSI, K.; MOORE, P.A.; DONOGHUE, A.M.; DIRAIN, M.L.; DONOGHUE, D.J. Litter Treatment With Aluminum Sulfate (Alum) Produced an Inconsistent Reduction in Horizontal Transmission of *Campylobacter* in Chickens. *International Journal of Poultry Science*, v. 16, 2017, p. 31-36. <https://doi.org/10.3923/ijps.2017.31.36>
- BELL-COHN, A.; MAZUR, D.J.; HALL, C.; SCHAEFFER, A.J.; THUMBI-KAT, P. Uropathogenic *Escherichia coli*-induced fibrosis, leading to lower urinary tract symptoms, is associated with type 2 cytokine signaling. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, v. 316, n. 4, 2019, F682-F692. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00222.2018>
- [7] BISWAS, S.; NAZMI, A.; PITESKY, M.; GALLARDO, R.; PANDEY, P. Thermal Inactivation of *Escherichia coli* and *Salmonella* Typhimurium in Poultry Carcass and Litter at Thermophilic Temperatures. *The Journal of Applied Poultry Research*, v. 28, n. 2, 2019, p. 307-317. <https://doi.org/10.3382/japr/pfy072>
- BOLAN, N.S.; SZOGI, A.A.; CHUASAVA-THI, T.; SESHADRI, B.; ROTHROCK, M.J.; PANNERSEL-VAM, P. Uses and management of poultry litter. *World's Poultry Science Journal*, v. 66, n. 4, 2010, p. 673-698. <https://doi.org/10.1017/S0043933910000656>
- BROOKS, J.P.; MCLAUGHLIN, M.R.; ADELI, A.; MILES, D.M. Cultivation and Qpcr detection of pathogenic and antibiotic - resistant bacterial establishment in naive broiler houses. *Journal of Environmental Quality*, v. 45, 2016, p. 958-966. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.09.0492>
- BUITRAGO, J.D.R.; SUÁREZ, M.C.; URIBE, C. Susceptibilidad antimicrobiana in vitro de cepas de *Salmonella spp.* en granjas de ponedoras comerciales del departamento de Antioquia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, v. 19, n. 3, 2006, p. 297-305.
- CARMONA, F. Presencia de *Campylobacter jejuni* en aves de corral y sus manipuladores. *Biomédica*, v. 5, 1985, p. 78-85. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v5i3-4.1905>
- CASTAÑEDA-SALAZAR, R.; PEREIRA-BAZURDO, A.N.; DEL PILAR-PULIDO-VILLAMARIN, A.; MENDOZA-GÓMEZ, M.F. Estimación de la prevalencia de *Salmonella spp.* en pechugas de pollo para consumo humano provenientes de cuatro localidades de Bogotá, Colombia. *Infection*, v. 23, 2018, p. 27-32. <http://dx.doi.org/10.22354/in.v23i1.752>
- CASTRO-VARGAS, R.; DE RUBIO, L.F.; VEGA, A.; RONDON-BARRAGAN, I. Phenotypic and Genotypic Resistance of *Salmonella* Heidelberg Isolated From One of the Largest Poultry Production Region from Colombia. *Poultry Science*, v. 18, n. 12, 2019, p. 610-617. <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2019.610.617>

- CHEN, Z.; JIANG, X. Microbiological Safety of Chicken Litter or Chicken Litter Based Organic Fertilizers. *Agriculture*, v. 4, 2014, p. 1-29.
<http://dx.doi.org/10.3390/agriculture4010001>
- CHEN, Z.; DIAO, J.; DHARMASENA, M.; IONITA, C.; JIANG, X.; RIECK, J. Thermal inactivation of desiccation adapted *Salmonella* spp. in aged chicken litter. *Applied and environmental microbiology*, v. 79, n. 22, 2013, p. 7013-7020.
<http://dx.doi.org/10.1128/AEM.01969-13>
- CHEN, Z.; JIANG, X. Selection of indigenous indicator organisms for validating desiccation adapted *Salmonella* reduction in physically heat-treated poultry litter. *Journal of applied microbiology*, v. 122, n. 6, 2017, p. 1558-1569.
<http://dx.doi.org/10.1111/jam.13464>
- CHEN, Z.; KIM, J.; JIANG, X. Survival of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* in animal waste based composts as influenced by compost type, storage conation and inoculum level. *Journal of applied microbiology*, v. 124, n. 5, 2018, p. 1311-1323.
<https://doi.org/10.1111/jam.13719>
- COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD (INS). Informe del Evento Enfermedades Transmitidas por Alimentos, Hasta el Periodo Epidemiológico 12 del año 2017. <https://www.ins.gov.co/buscadoreventos/Informesdeevento/ETA%202017.pdf> [citado 2 de noviembre 2020]
- COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD (INS). Informe del Evento Enfermedades Transmitidas por Alimentos, Hasta el Periodo Epidemiológico 12 del año 2018. https://www.ins.gov.co/buscadoreventos/Informesdeevento/buscador%20eventos/Informesdeevento/ENFERMEDAD%20TRANSMITIDA%20POR%20ALIMENTOS_2018.pdf [citado 2 de noviembre 2020]
- COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD (INS). Informe del Evento Enfermedades Transmitidas por Alimentos, Hasta el Periodo Epidemiológico 12 del año 2019. <https://www.ins.gov.co/buscadoreventos/Informesdeevento/ENFER%20MEDAD%20TRANSMITIDA%20POR%20ALIMENTOS%20SEMESTRE%20I%202019.pdf> [citado 2 de no viembre 2020]
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1541. (Noviembre 12 de 2013). Por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial*. Bogotá (Colombia): 2013.
- COLOMBIA. FEDERACIÓN NACIONAL DE AVICULTORES (FENAVI). Boletín fenaviquin número 278. 2019. https://fenavi.org/wpcontent/uploads/2018/12/Fenaviquin_ed2772018-2.pdf [citado 3 de enero 2020]
- CONESA, J.A. Dioxins from Agro Waste Combustion: Evaluation and Management. *Byproducts from Agriculture and Fisheries: Adding Value for Food, Feed, Pharma and Fuels*, 2019, p. 629-640.
<https://doi.org/10.1002/9781119383956.ch28>
- DAHSHAN, H.; MERWAD, A.M.; MOHAMED, T.S. Listeria species in broiler poultry farms: Potential public health hazards. *Journal of microbiology and biotechnology*, v. 26, 2016, p. 1551-1556.
<https://doi.org/10.4014/jmb.1603.03075>
- DE CARVALHO, G.B.; SANTOS, N.; MARTINS, J.D.S.; PEREIRA, N.M.; FALLEIROS, M.B.; ARNHOLD, E.; CAFÉ, M.B. Litter quality of broiler fed with to different levels of sulfur amino acid. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v. 6, n. 1, 2018, p. 21-28.
<https://doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v6n1p21-28>
- DE MELO, T.R.; FIGUEIREDO, A.; MACHADO, W.; TAVARES-FILHO, J. Changes on soil structural stability after in natura and composted chicken manure application. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, v. 8, n. 4, 2019, p. 333-338.
<https://doi.org/10.1007/s40093-019-0250-1>
- DONADO-GODOY, P.; GARDNER, I.; BYRNE, B.A.; LEON, M.; PEREZ-GUTIERREZ, E.; OVALLE, M.V.; TAFUR, M.A.; MILLER, W. Prevalence, risk factors, and antimicrobial resistance profiles of *Salmonella* from commercial broiler farms in two important poultry-producing regions of Colombia. *Journal of food protection*, v. 75, n. 5, 2012, p. 874-883.
<https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-458>

- DUNLOP, M.W.; BLACKALL, P.J.; STUETZ, R.M. Odour emissions from poultry litter – A review litter properties, odour formation and odour emissions from porous materials. *Journal of Environmental Management*, v. 177, 2016, p. 306–319.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.04.009>
- FANDIÑO, L.C.; VERJAN-GARCÍA, N. A common *Salmonella* Enteritidis sequence type from poultry and human gastroenteritis in Ibagué, Colombia. *Biomédica*, v. 39, 2019, p. 50-62.
<http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v39i1.4155>
- FANG, H.; WANG, H.; CAI, L.; YUNLONG, Y. Prevalence of antibiotic resistance genes and bacterial pathogens in long term manured greenhouse soils as revealed by metagenomic survey. *Environmental science & technology*, v. 49, 2015, p. 1095-1104.
<http://dx.doi.org/10.1021/es504157v>
- FARHADI, D. Evaluation of the physical and chemical properties of some agricultural wastes as poultry litter material. *Global Journal of Animal Scientific Research*, v. 2, 2014, p. 270-276.
- GÓMEZ, L.F.; TORRES, I.P.; MCEWEN, J.G.; DE BEDOUT, C.; PELÁEZ, C.A.; ACEVEDO, J.M.; TAYLOR, M.L.; ARANGO, M. Detection of *Histoplasma capsulatum* in Organic Fertilizers by Hc100 Nested Polymerase Chain Reaction and Its Correlation with the Physicochemical and Microbiological Characteristics of the Samples. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, v. 98, n. 5, 2018, p. 1303-1312.
<http://dx.doi.org/10.4269/ajtmh.17-0214>
- GONZALEZ, R.M.; ANGELES, H.J.C. Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: Review of impact and analytical methods. *Food Control*, v. 72, 2017, p. 255-267.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.001>
- GUAN, J.; CHAN, M.; GRENIER, C.; WILKIE, D.C.; BROOKS, B.W.; SPENCER, J.L. Survival of avian influenza and Newcastle disease viruses in compost and at ambient temperatures based on virus isolation and real-time reverse transcriptase PCR. *Avian diseases*, v. 53, n. 1, 2009, p. 26-33.
<http://dx.doi.org/10.1637/8381-062008-Reg.1>
- IBRAHIM, M.A.; EMEASH, H.H.; GHONEIM, N.H.; ABDEL-HALIM, M.A. Seroepidemiological Studies on Poultry Salmonellosis and its Public Health Importance. *Journal of World's Poultry Research*, v. 3, 2013, p.18–23.
- ISLAM, M.J.; SULTANA, S.; DAS, K.K.; SHARMIN, N.; HASAN, M.N. Isolation of plasmid mediated multidrug resistant *Escherichia coli* from poultry. *International Journal of Sustainable Crop Production*, v. 3, n. 5, 2008, p. 46-50.
- KAGAMBÈGA, A.; THIBODEAU, A.; TRINETTA, V.; SORO, D.K.; SAMA, F.N.; BAKO, C.S.; NDIAYE, A.W.; FRAVALO, P.; BARRO, N. *Salmonella spp.* and *Campylobacter spp.* In poultry feces and carcasses in Ouagadougou, Burkina Faso. *Food Science & nutrition*, v. 6, 2018, p. 1601-1606.
<https://doi.org/10.1002/fsn3.725>
- KANDUN, I.N.; SAMAAN, G.; HARUN, S.; PURBA, W.H.; SARIWATI, E.; SEPTIAWATI, C.; WANDRA, T. Chicken faeces garden fertilizer: possible source of human avian influenza H5N1 infection. *Zoonoses Public Health*, v. 57, 2010, p. 285-290.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1863-2378.2009.01246.x>
- KASSEM, I.I.; SANAD, Y.; GANGAIAH, D.; LILBURN, M.; LEJEUNE, J.; RAJASHE-KARA, G. Use of bioluminescence imaging to monitor *Campylobacter* survival in chicken litter. *Journal of applied microbiology*, 2010, v. 109, p. 1988-1997.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04828.x>
- KASSEM, I.I.; KEHINDE, O.; KUMAR, A.; RAJASHEKARA, G. Antimicrobial resistant *Campylobacter* in organically and conventionally raised layer chickens. *Foodborne pathogens and disease*, v. 14, n. 1, 2017, p. 29-34.
<http://dx.doi.org/10.1089/fpd.2016.2161>
- KIM, J.; DIAO, J.; SHEPHERD, M.W.; SINGH, R.; HERINGA, S.D.; GONG, C.; JIANG, X. Validating thermal inactivation of *Salmonella spp.* in fresh and aged chicken litter. *Applied and environmental microbiology*, v. 78, 2012, p. 1302-1307.
<http://dx.doi.org/10.1128/AEM.06671-11>

- KOBAYASHI, S.D.; MALACHOWA, N.; DELEO, F.R. Pathogenesis of *Staphylococcus aureus* abscesses. The American journal of pathology, v. 185, n. 6, 2015, p.1518-1527.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ajpath.2014.11.030>
- KUMAR, K.; THOMPSON, A.; SINGH, A.K.; CHANDER, Y.; GUPTA, S. Enzyme-linked immunosorbent assay for ultrace determination of antibiotics in aqueous samples. Journal of Environmental Quality, v. 33, n. 1, 2004, p. 250-256.
<http://dx.doi.org/10.2134/jeq2004.0250>
- KYAKUWAIRE, M.; OLUPOT, G.; AMODING, A.; NKEDI-KIZZA, P.; ATEENYI BASAMBA, T. How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer?: A Review. International journal of environmental research and public health, v. 16, n. 19, 2019, p. 3521-3544.
<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16193521>
- LABBE, R.G.; JUNEJA, V.K. En: Clostridium perfringens. In Foodborne diseases. 3 ed. New York (United States Of America): Elsevier Inc, 2017, p. 235-242.
- LI, X.; PAYNE, J.B.; SANTOS, F.B.; LEVINE, J.F.; ANDERSON, K.E.; SHELDON, B.W. *Salmonella* populations and prevalence in layer feces from commercial highrise houses and characterization of the *Salmonella* isolates by serotyping, antibiotic resistance analysis, and pulsed field gel electrophoresis. Poultry science, v. 86, n. 3, 2007, p. 591-597.
<http://dx.doi.org/10.1093/ps/86.3.591>
- LIU, H.Q.; ZENG, T.T.; WEI, G.X.; ZHANG, R.; LIU, F.; WANG, H. Comparison of dioxin destruction in the fly ash and froths under microwave irradiation. Aerosol and Air Quality Research, v. 19, 2019, p. 925-936.
<http://dx.doi.org/10.4209/aaqr.2018.09.0337>
- MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, L.; CARO-SÁNCHEZ, C.H.; BONIFAZ, A. Infecciones por Fusarium. Dermatología Revista Mexicana, v. 58, n. 5, 2014, p. 432-442.
- MILANOV, D.; KNEŽEVIĆ, S.; VIDAČKO-VIĆ, S.; PAJIĆ, M.; ŽIVKOV-BALOŠ; ALEKSIĆ, N. Microbial contamination of poultry litter during fattening period. Biotechnology in Animal Husbandry, v. 35, n. 3, 2019, p. 253-265.
<http://dx.doi.org/10.2298/BAH1903253M>
- NANDI, S.; MAURER, J.J.; HOFACRE, C.; SUMMERS, A.O. Gram-positive bacteria are a major reservoir of Class 1 antibiotic resistance integrons in poultry litter. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 101, n.18, 2004, p. 7118-7122.
<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0306466101>
- NGAJILO, D.; SINGH, T.; RATS-HIKHOPHA, E.; DAYAL, P.; MATUKA, O.; BAATJIES, R.; JEEBHAY M.F. Risk factors associated with allergic sensitization and asthma phenotypes among poultry farm workers. American journal of industrial medicine, v. 61, 2018, p. 515-523.
<http://dx.doi.org/10.1002/ajim.22841>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Resistencia antimicrobiana, reporte global en vigilancia. Ginebra. 2014. <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/amr-report/es/> [citado 19 de octubre 2019]
- PATERLINI, H.; GONZÁLEZ, V.; PICONE, L.I. Calidad de la cama de pollo fresca y compostada. Ciencia del suelo, v. 35, n. 1, 2017, p. 69-78.
- PEREIRA-PENATE, N. Uso de microorganismos eficientes (M.E) en pollinaza para disminuir los niveles de amoníaco (NH₃) en granjas avícolas comerciales de Sincelejo, Colombia. Revista Colombiana de Ciencia Animal RECIA, v. 8, 2016, p. 386-390.
<http://dx.doi.org/10.24188/recia.v8.n0.2016.395>
- PIGNATA-VIANA, M.C.; SANTOS, J.S.; VIANA, P.T. Epidemiologia e fatores de riscos relacionados à intoxicação alimentar causada por *Clostridium Botulinum*: uma revisão narrativa. Clinical & Biomedical Research, v. 39, n. 2, 2019, p. 161-170.
<http://dx.doi.org/10.4322/2357-9730.85961>
- PREMARATHNE, J.M.K.J.K; SATHA-RASINGHE, D.A; HUAT, J.T.Y; BAS-RI, D.F; RUKAYADI, Y.; NAKAGUCHI, Y.; NISHIBUCHI, M.; RADU, S. Impact of human *Campylobacter* infections in Southeast Asia: The contribution of the poultry sector. Critical reviews in food science and nutrition, v. 57, 2017, p. 3971-3986.
<http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2016.1266297>

- PULIDO-LANDÍNEZ, M.; SÁNCHEZ-INGUNZA, R.; GUARD, J.; DONASCIMENTO, V.P. Presence of *Salmonella* Enteritidis and *Salmonella gallinarum* in commercial laying hens diagnosed with fowl typhoid disease in Colombia. *Avian diseases*, v. 58, n. 1, 2014, p. 165-170.
<http://dx.doi.org/10.1637/10598-062613-Case.1>
- RADOSHEVICH, L.; COSSART, P. *Listeria monocytogenes*: towards a complete picture of its physiology and pathogenesis. *Nature Reviews Microbiology*, v. 16, n. 1, 2017, p. 32-46.
<http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro.2017.126>
- RAMÍREZ-HOBAK, L.; GÓMEZ-SÁENZ, A.; VEGA-SÁNCHEZ, D.C.; ARENAS, R. Onicomicosis por mohos no dermatofitos: Una revisión. *Dermatología Cosmética, Médica y Quirúrgica*, v. 15, n. 3, 2017, p. 184-195.
- REN, X.; ZENG, G.; TANG, L.; WANG, J.; WAN, J.; WANG, J.; DENG, Y.L.; PENG, B. The potential impact on the biodegradation of organic pollutants from composting technology for soil remediation. *Waste management*, v. 72, 2018, p. 138-149.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.032>
- RIDDELL, J.; WHEAT, L.J. Central Nervous System Infection with *Histoplasma capsulatum*. *Journal of Fungi*, v. 5, n. 3, 2019, p. 60-70.
<http://dx.doi.org/10.3390/jof5030070>
- RITZ, C.W.; FAIRCHILD, B.D.; LACY, M.P. Litter Quality and Broiler Performance. Cooperative Extension, University of Georgia (Bulletin 1267). 2009. <https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B1267> [citado 19 de octubre 2019]
- RODRÍGUEZ, R.; FANDIÑO, C.; DONADO, P.; GUZMÁN, L.; VERJAN, N. Characterization of *Salmonella* from commercial egg-laying hen farms in a central region of Colombia. *Avian diseases*, v. 59, n. 1, 2015, p. 57-63.
<http://dx.doi.org/10.1637/10873-052714-reg>
- RODRIGUEZ, J.M.; RONDÓN, I.S.; VERJAN, N. Serotypes of *Salmonella* in Broiler Carcasses Marketed at Ibagué, Colombia. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 17, n. 4, 2015, p. 545-552.
<http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x1704545-552>
- RYAN, U.; ZAHEDI, A.; PAPANINI, A. *Cryptosporidium* in humans and animals a one health approach to prophylaxis. *Parasite Immunology*, v. 38, n. 9, 2016, p. 535-547.
<http://dx.doi.org/10.1111/pim.12350>
- SARAIVA, M.M.S.; MOREIRA-FILHO, A.L.B.; VASCONCELOS, P.C.; NASCIMENTO, P.V.; AZEVEDO, P.S.; NETO, O.F.; GIVISIEZ, P.E.N.; GEBREYES, W.A.; OLIVEIRA, C.J.B. Chemical treatment of poultry litter affects the conjugation of plasmid mediated extended spectrum betalactamase resistance genes in *E. coli*. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 29, 2019, p. 197-203.
<https://doi.org/10.1016/j.japr.2019.10.006>
- SHAH, M.K.; BRADSHAW, R.; NYARKO, E.; HANDY, E.T.; EAST, C.; MILLNER, P.D.; BERGHOL, T.M.; SHARMA, M. *Salmonella enterica* in soils amended with heat-treated poultry pellets survived longer than bacteria in unamended soils and more readily transferred to and persisted on spinach. *Applied and environmental microbiology*, v. 85, n. 10, 2019, e 00334-19.
<http://dx.doi.org/10.1128/AEM.00334-19>
- SHECHO, M.; THOMAS, N.; KEMAL, J.; MUKTAR, Y. Cloacal carriage and multidrug resistance *Escherichia coli* O157: H7 from poultry farms, eastern Ethiopia. *Journal of veterinary medicine*, 2017, p. 1-19.
<http://dx.doi.org/10.1155/2017/8264583>
- SHEFFIELD, C.L.; CRIPPEN, T.L.; BEIER, R.C. Multimicrobial compounds eliminate or reduce *Salmonella typhimurium* from one-third of poultry litter samples within 8 days. *Research Journal of Poultry Sciences*, v. 11, n. 1, 2018, p. 5-8.
<http://dx.doi.org/10.3923/rjpscience.2018.5.8>
- SILLER, P.; DAEHRE, K.; THIEL, N.; NÜBEL, U.; ROESLER, U. Impact of short-term storage on the quantity of extended spectrum betalactamase producing *Escherichia coli* in broiler litter under practical conditions. *Poultry science*, v. 99, n. 4, 2020, p. 2125-2135.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.043>

- SINGH, J.; KALAMDHAD, A.S. Assessment of compost quality in agitated pile composting of water hyacinth collected from different sources. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, v. 4, n. 3, 2015, p. 175-183.
<http://dx.doi.org/10.1007/s40093-015-0097-z>
- SMITH, S.; MEADE, J.; GIBBONS, J.; MCGILL, K.; BOLTON, D.; WHYTE, P. The impact of environmental conditions on *Campylobacter jejuni* survival in broiler faeces and litter. *Infection ecology & epidemiology*, v. 6, n. 1, 2016, p. 31685-31692.
<http://dx.doi.org/10.3402/iee.v6.31685>
- SMITH, T.C. Livestock-associated *Staphylococcus aureus*: the United States experience. *Plos Pathog*, v. 11, 2015, e 1004564.
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.ppat.1004564>
- SOLIMAN, E.S.; SALLAM, N.H.; ABOUELHASSAN, E.M. Effectiveness of poultry litter amendments on bacterial survival and *Eimeria oocyst* sporulation. *Veterinary world*, v. 11, n. 8, 2018, p. 1064-1073.
<http://dx.doi.org/10.14202/vetworld.2018.1064-1073>
- STOJCIC, M.Đ.; BJEDOV, S.; ŽIKIC, D.; PERIC, L.; MILOŠEVIC, N. Effect of straw size and microbial amendment of litter on certain litter quality parameters, ammonia emission, and footpad dermatitis in broilers. *Archives Animal Breeding*, v. 59, 2016, p. 131-137.
<http://dx.doi.org/10.5194/aab-59-131-2016>
- THOMAS, C.; IDLER, C.; AMMON, C.; HERRMANN, C.; AMON, T. Inactivation of ESBL /Ampc producing *Escherichia coli* during mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of chicken manure. *Waste management*, v. 84, 2019, p. 74-82.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.028>
- TUALEKA, A.R.; FARADISHA, J.; MAHARJA, R. Determination of No Observed – Adverse effect Level Ammonia in White Mice Through CD4 Expression. *Dose-Response*, v. 16, 2018, p. 1559325818807790.
<http://dx.doi.org/10.1177/1559325818807790>
- VAINIO-KAILA, T.; ZHANG, X.; HÄNNINEN, T.; KYHKYNNEN, A.; JOHASSON, L.S.; WILLFÖR, S.; ÖSTERBERG, M.; SIITONEN, A.; RAUTKARI, L. Antibacterial effects of wood structural components and extractives from *Pinus sylvestris* and *Picea abies* on Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* O157:H7. *BioResources*, v. 12, 2017, p. 7601-7614.
<http://dx.doi.org/10.15376/biores.12.4.7601-7614>
- VAZ, C.S.L.; VOSS-RECH, D.; DE AVILA, V.S.; COLDEBELLA, A.; SILVA, V.S. Interventions to reduce the bacterial load in recycled broiler litter. *Poultry science*, v. 96, n. 8, 2017, p. 2587-2594.
<https://doi.org/10.3382/ps/pex063>
- VERMEULEN, L.C.; BENDERS, J.; MEDEMA, G.; HOFSTRA, N. Global *Cryptosporidium* loads from livestock manure. *Environmental science & technology*, v. 51, n. 15, 2017, p. 8663-8671.
<http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.7b00452>
- VIEGAS, S.; VEIGA, L.; ALMEIDA, A.; DOS SANTOS, M.; CAROLINO, E.; VIEGAS, C. Occupational exposure to aflatoxin B1 in a Portuguese poultry slaughterhouse. *Annals of Occupational Hygiene*, v. 60, n. 2, 2015, p.176-183.
<http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/mev077>
- WANG, L.; LILBURN, M.; ZHONG-TANG, Y. Intestinal microbiota of broiler Chicken as affected by litter management regimen. *Frontiers in Microbiology*, v. 7, 2016, p.1-12.10.3389/fmicb.2016.00593
- XIE, W.; SHEN, Q.; ZHAO, F.J. Antibiotics and antibiotic resistance from animal manures to soil: a review. *European journal of soil science*, v. 69, n. 1, 2018, p. 181-195.
<http://dx.doi.org/10.1111/ejss.12494>
- XIONG, W.; WANG, M.; DAI, J.; SUN, Y.; ZENG, Z. Application of manure containing tetracyclines slowed down the dissipation of tet resistance genes and caused changes in the composition of soil bacteria. *Ecotoxicology and environmental safety*, v. 147, 2018, p. 455-460.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.061>

- YAMAZAKI, W.; UEMURA, R.; SEKIGUCHI, S.; DONG, J.B.; WATANABE, S.; KIRINO, Y.; MISAWA, N. *Campylobacter* and *Salmonella* are prevalent in broiler farms in Kyushu, Japan: Results of a 2-year distribution and circulation dynamics audit. *Journal of Applied Microbiology*, v. 120, n. 6, 2016, p. 1711–1722.
<https://doi.org/10.1111/jam.13141>
- YANG, X.; LI, Q.; TANG, Z.; ZHANG, W.; YU, G.; SHEN, Q.; ZHAO, F.J. Heavy metal concentrations and arsenic speciation in animal manure composts in China. *Waste Management*, v. 64, 2017, p. 333-339.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.03.015>