

BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO Y EMISIONES DE AMONIACO EN EXPLOTACIONES AVÍCOLAS

GOOD MANAGEMENT PRACTICES AND AMMONIA EMISSIONS IN POULTRY FARMS

**Velasco-Velasco, J.¹; Alvarado-Lara, H.¹; Hernández-Cázares, A.S.¹;
Gómez-Merino, F.C.¹; Narciso-Gaytán, C.¹; Misselbrook, T.²**

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Córdoba, Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C.P. 94946. ²Rothamsted Research-North Wyke, Okehampton, Devon. EX20 2SB, United Kingdom.

***Autor de correspondencia:** joel42ts@colpos.mx

RESUMEN

México se ubica como el séptimo productor mundial de carne de pollo (más de 3 millones de t año⁻¹). Esta industria ha crecido considerablemente y se ubica como la más importante en consumo de carne a nivel nacional, donde la producción de carne y huevo para plato representa más de 60% del volumen nacional pecuario del país. Sin embargo, entre los problemas que derivan de las explotaciones avícolas destacan los ambientales, relacionados con la emisión de gases y olores, los cuales pueden afectar la salud humana, animal y vegetación natural, y que a su vez inciden directamente en la productividad de la explotación. El amoníaco, gas producido por hidrólisis del ácido úrico con intervención de la enzima ureasa, genera diversos problemas en la productividad de la granja y al ambiente. Mantener niveles de amoníaco menores a 25 mg kg⁻¹ en la producción de pollo puede generar un incremento de 26.2 millones de dólares para dicha industria en Estados Unidos, mientras que con niveles de amoníaco por arriba de 50 mg kg⁻¹, la producción de carne puede reducir de 6.4% a 9%. Las prácticas de manejo como: control de la humedad, temperatura, pH de la cama, ventilación, densidad de población, uso de aditivos en la alimentación del ave y manejo de la cama son esenciales para el control de la emisión de amoníaco y el fomento del bienestar animal.

Palabras clave: avicultura, contaminación ambiental, NH₃, sustentabilidad.

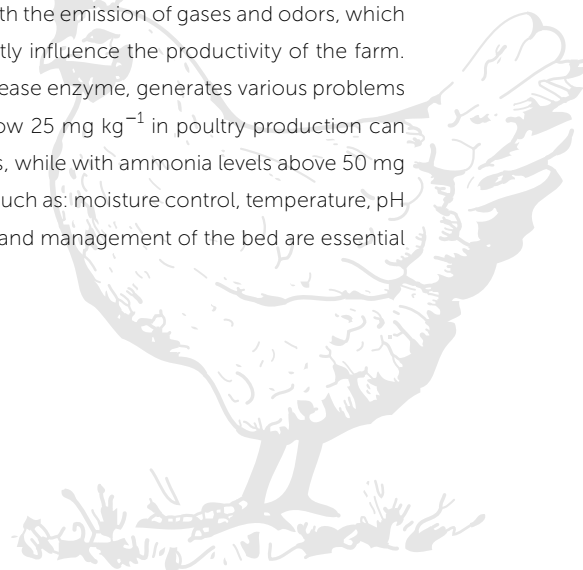
ABSTRACT

México is the seventh world producer of chicken meat (more than 3 million tons year⁻¹). This industry has grown considerably and is the most important one in meat consumption at the national level, where meat and table egg production represent more than 60 % of the national livestock production volume in the country. However, environmental problems stand out among the problems derived from poultry farms, related with the emission of gases and odors, which can affect human and animal health, and natural vegetation, and in turn directly influence the productivity of the farm. Ammonia, gas produced from uric acid hydrolysis with intervention from the urease enzyme, generates various problems in farm productivity and to the environment. Maintaining ammonia levels below 25 mg kg⁻¹ in poultry production can generate an increase of 26.2 million dollars for said industry in the United States, while with ammonia levels above 50 mg kg⁻¹, meat production can decrease from 6.4 % to 9 %. Management practices such as: moisture control, temperature, pH of the bed, ventilation, population density, use of additives in the poultry feed, and management of the bed are essential for the control of ammonia emission and the promotion of animal wellbeing.

Keywords: poultry farming, environmental contamination, NH₃, sustainability.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 8, agosto, 2016. pp: 38-44.

Recibido: julio, 2015. **Aceptado:** marzo, 2016.



INTRODUCCIÓN

Los productos derivados de la industria avícola (carne y huevo para plato) se han convertido en la fuente de proteína para la mayoría de personas en México, debido a su alta disponibilidad y bajo costo. A diferencia de las zonas rurales, en las urbes el manejo de las aves en traspatio no es práctico, razón por la cual las explotaciones avícolas se encuentran distribuidas a lo largo y ancho del país con un inventario nacional de 329.9 millones de aves en 2013 (SIAP, 2013). Esta industria pecuaria genera residuos y desechos contaminantes, malos olores, volatilización de partículas de polvo, pienso y materia fecal, además de emisiones de gases como dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y, particularmente, amoniaco. Este último es un gas que en altas concentraciones puede afectar el óptimo desarrollo de las aves, lo cual puede afectar significativamente los ingresos de los productores. Miles *et al.* (2004) estiman que mantener un nivel menor a 25 mg kg^{-1} de amoniaco en la producción de pollo puede generar incrementos de 26.2 millones de dólares para la industria en los Estados Unidos, mientras que con niveles de amoniaco por arriba de las 50 mg kg^{-1} la producción de carne decrece entre 6.4% y 9%.

La avicultura es una actividad económica muy importante en México, ya que su participación en la producción de carne y huevo para plato representa más de 60% del volumen nacional pecuario del país. El pollo de engorda es el más significativo a nivel nacional, ya que nueve de cada diez animales vivos provenientes de explotaciones pecuarias pertenecen a este rubro, que a su vez representa siete de cada diez pesos generados por la avicultura mexicana. Los principales estados productores de carne de ave son Jalisco, Veracruz, Durango y Aguascalientes, que generan dos de cada cinco toneladas de productos comercializados (SIAP, 2013; UNA, 2014). Durante los últimos años, la producción de huevo y carne ha crecido sostenidamente (Figura 1), lo que ha posicionado a la avicultura mexicana dentro de los primeros lugares a nivel internacional, con producción de 23.8 kg por persona, aunque si se contrasta

con el consumo anual de $28.3 \text{ kg per capita}$, México aparece como un país importador. Esto fue acentuado en 2013 debido a los efectos de la influenza aviar (SIAP, 2013).

Contaminación proveniente de explotaciones pecuarias

Los agentes contaminantes procedentes de las explotaciones pecuarias están caracterizados por los piensos, lixiviados, microorganismos patógenos suspendidos en el aire, residuos sólidos y algunos gases nocivos que regularmente se concentran dentro de las granjas o áreas de contención y son transportados hacia otros lugares. Su presencia puede constituir un problema en las poblaciones vecinas, por lo que es necesario establecer distancias de separación adecuadas entre éstas y las instalaciones de producción, a fin de reducir el riesgo de transmisión aérea de microorganismos patógenos (Lon-Wo, 2003), polvo de piensos y estiércol, bacterias, esporas de moho, endotoxinas, insectos, partes de insectos, gases como el amoniaco (NH_3) y dióxido de carbono (CO_2), principalmente. Las emisiones de estos gases dependen de varios factores, tales como estación del año, hora del día, ventilación de las naves, hacinamiento, humedad, estado de la cama y reúsos (Wheeler *et al.*, 2006). Independientemente de su ubicación y tamaño, tanto las explotaciones de aves de corral existentes como las nuevas, deberán tomar en consideración la mitigación de los riesgos asociados con las emisiones de gases

para contribuir a la sostenibilidad futura de las prácticas de producción avícola.

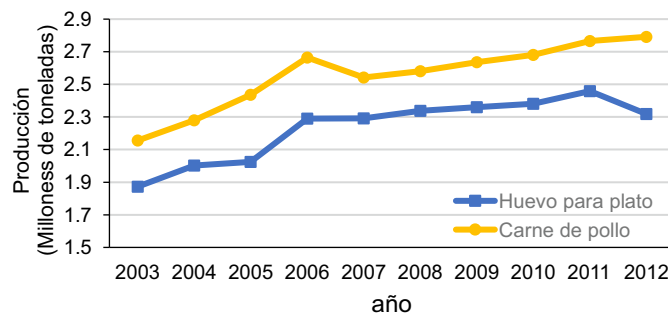


Figura 1. Comportamiento de la producción de carne y huevo para plato 2003-2012 (SIAP, 2013).

Gases nocivos en las explotaciones pecuarias

La actividad agropecuaria genera emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a través de una variedad de procesos entre los cuales destacan la fermentación entérica, el manejo de residuos pecuarios y la gestión de los suelos agrícolas (EPA, 2014). Las naves de producción avícola tienen en su interior un microambiente distinto al exterior, en los cuales la temperatura y la humedad suelen contribuir en conjunto con la descomposición bacteriana de las excretas a generar gases nocivos destacando los siguientes:

Dióxido de carbono (CO₂). Según la NOM-010-STPS-2014, el límite máximo permisible es de 5,000 mg kg⁻¹, debido a que a partir de esta cantidad se presentan efectos como dolor de cabeza, visión borrosa, incremento en la respiración, estrés metabólico, desorientación y en concentraciones superiores a las 10,000 mg kg⁻¹ ocasiona pérdida de consciencia y muerte. Las concentraciones habituales en las naves de producción avícola no son muy relevantes en la salud humana, sin embargo, sí lo son para efectos del cambio climático (IPCC, 2001) pues, según la Agencia de protección del medioambiente de Estados Unidos, en 2012 el sector agrícola fue responsable de la emisión de 526.3 Tera gramos (Tg), lo que representó 8.1% del total de emisiones de GEI en ese país (EPA, 2014).

Metano (CH₄). Es un gas de efecto invernadero con potencial de calentamiento de la tierra (PCT) de 23 sobre la base de un horizonte temporal de 100 años (IPCC, 2001). En el caso de las aves es relativamente bajo, así que las emisiones de CH₄ provienen principalmente del almacenamiento de las excretas en condiciones anaeróbicas (Fabbri *et al.*, 2007). Las emisiones de CH₄ provenientes de la fermentación entérica, representan 9.4% del total procedente de las actividades antropogénicas (EPA, 2014). A su vez, en 2002, México reportó incremento de 59.8% respecto a 1990, siendo las categorías de desechos, energía y agricultura las principales fuentes (Figura 2). El manejo adecuado del estiércol permite disminuir en gran medida la formación de este gas, así como la creación de áreas para su almacenamiento en condiciones anaeróbicas para aprovechar al máximo la captura del metano para ser utilizado como una fuente alterna de energía.

Óxido nitroso (N₂O). Este gas es producido por procesos biológicos que ocurren en suelo y agua como resul-

tado de una de etapa del proceso de nitrificación y desnitrificación en condiciones de poca disponibilidad del oxígeno y 300 veces más potente que el CO₂ para atrapar el calor en la atmósfera (Fabbri *et al.*, 2007). A través de la descomposición de las excretas de animales y aves en los pisos de cama de las explotaciones se genera una gran cantidad de N₂O. Por esta razón las prácticas de producción industrializadas llevadas a cabo en las granjas son una importante fuente de producción de N₂O (Figura 3).

Amoniaco (NH₃). Es un compuesto nitrogenado que proviene principalmente de la descomposición de excretas sólidas y

líquidas. Es de considerable olor picante y cuyo umbral de percepción para el olfato humano va de 5 a 15 mg kg⁻¹. Es irritante, incoloro, de mayor ligereza que el aire, muy soluble al agua; sus disoluciones son alcalinas y tienen un efecto corrosivo frente a metales y tejido, por lo que puede causar quemaduras severas y necrosis en la piel (UNAM, 2014), y es considerado como un precursor del N₂O (EPA, 2014). El amoniaco transportado por vía aérea puede afectar a ecosistemas cercanos y distantes (Aneja *et al.*, 2009) en función de la sensibilidad ecológica del lugar de translocación o fuentes de agua en que se deposita, ya sea en forma seca o húmeda, alterando la cadena trófica y provocando desórdenes a la biodiversidad del área de depósito; por ejemplo, el desplazamiento de especies endémicas del nicho por parte de especies oportunistas. Miles *et al.* (2006a) y Olanrewaju *et al.* (2007) sugieren que la exposición al amoniaco genera principalmente irritación de las

membranas mucosas de los ojos y del sistema respiratorio, lo que propicia aumento en la susceptibilidad a las enfermedades respiratorias. Debido a lo anterior, las emisiones de este gas se han convertido en una creciente preocupación, tanto para los productores como para los organismos ambientales reguladores y el público en general (SEMARNAT, 2013).

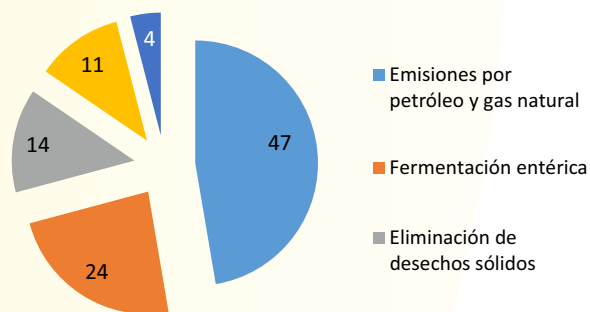


Figura 2. Porcentaje de emisiones de metano por sector (SEMARNAT, 2013).

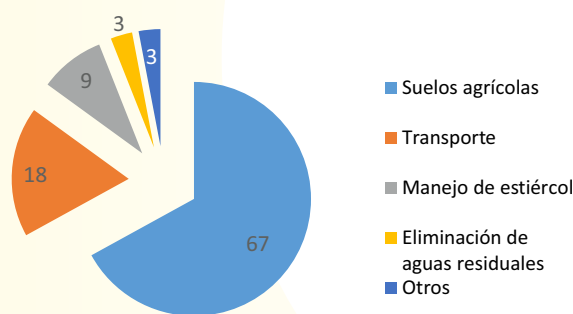


Figura 3. Porcentaje de emisiones de óxido nitroso por sector (SEMARNAT, 2010).

Efecto del amoníaco en las aves de engorda

El NH₃ es un gas muy común en las explotaciones avícolas, producido en los pisos de cama debido a la descomposición microbiana de sustancias nitrogenadas presentes en las heces. En el hígado del pollo se produce ácido úrico que al ser excretado, es degradado por las poblaciones de microorga-

Daño en el sistema respiratorio. Las aves poseen en sus vías respiratorias pequeños cilios que funcionan como una barrera natural ante algunos agentes patógenos y los elimina en conjunto con las secreciones mucosas. De acuerdo con Nagaraja (1992), la exposición al amoníaco inhalado es absorbida por las mucosas produciéndose hidróxido amonio (NH₄OH), lo que

puede producir congestión pulmonar, edemas y hemorragias a partir de las exposiciones superiores a 20 mg kg⁻¹. En los animales expuestos a niveles de 75 a 100 mg kg⁻¹ se han presentado alteraciones en las estructuras pulmonares y reducción en el ritmo de respiración hasta en 24%.

Disminución en la conversión alimenticia.

La conversión alimenticia es sin duda, uno de los factores más importante que determina la productividad avícola. Miles *et al.* (2004) observaron que pollos de engorda expuestos a concentraciones de

amoníaco mayores a 25 mg kg⁻¹ durante el crecimiento tienen pesos finales a las siete semanas de edad, 2% a 9% menores, comparados con los pollos criados en ambientes donde la concentración de este gas es mínimo (Cuadro 2).

Concentración (mg kg ⁻¹)	Efectos
10-20	Bloqueo de cilios pulmonares por excesiva secreción mucosa, cuando existen periodos prolongados de exposición.
20-25	Aumento en la susceptibilidad del virus de Newcastle y aerosaculitis. Congestión, edemas y hemorragias pulmonares. Este es el máximo nivel tolerable para largos periodos de exposición.
30-40	Reducción de crecimiento y deficiente índice de conversión.
50-60	Reducción en el crecimiento (3 al 6%), bajo índice de conversión, presentan bajos efectos en la puesta, irritación ocular y lesiones en sistema respiratorio.
70-80	Efectos depresores en puesta, retraso de madurez sexual y reducción de consumo de alimento.
100	Drástica reducción de ritmo respiratorio, consumo de alimento y crecimiento, efectos indeterminados en calidad del huevo. En caso de larga exposición (2 meses), se produce reducción significativa en la puesta.
200	Reducción del 20-25% en el crecimiento, aparición de lesiones pulmonares en pocos días, reducción en la ingesta de alimento y crecimiento, reducción de la puesta en mediano plazo.

Fuente: (Nagaraja, 1992).

nismos a través de una serie de reacciones que generan la enzima ureasa, sin embargo, al hidrolizarse se convierte en amoníaco y dióxido de carbono $[(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{NH}_3]$. Dependiendo de la concentración de amoníaco, este gas puede afectar negativamente a los animales en la ingesta de alimentos y provocar daños en el sistema respiratorio y visual, disminuyendo así la eficiencia de conversión de alimento y la tasa de crecimiento.

Daño ocular. Debido a que el amoníaco es un gas soluble provoca irritación en los tejidos al hacer contacto con los líquidos de la mucosidad ocular, lo cual conduce a enfermedades de consideración y en algunos casos irreversibles. Este gas también provoca uveítis (inflamación de la capa intermedia situada entre la esclerótica y la retina), la cual disminuye la agudeza visual, ocasiona dolor y fotofobia (Miles *et al.*, 2006a; Olanrewaju *et al.*, 2007).

Cuadro 2. Respuesta a diferentes concentraciones de NH₃ atmosféricas de pollos de engorda.

NH ₃ (mg kg ⁻¹)	Peso corporal	Decremento en peso		Mortalidad (%)
		(g)	(%)	
4 semanas				
0	1,421 ^a			
25	1,395 ^a	26	2	
50	1,178 ^b	243	17	
75	1,128 ^b	293	21	
7 semanas				
0	3,211 ^a			5.8 ^{ab}
25	3,202 ^a	9	0.3	2.8 ^a
50	3,004 ^b	207	6.9	10.6 ^{bc}
75	2,920 ^b	291	9	13.9 ^c

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (P≤0.05). Fuente: Modificado de Miles *et al.*, 2004.

El Cuadro 3 muestra el impacto económico cuando la concentración es superior a las 75 mg kg⁻¹ de amoníaco dentro de las naves de engorda, tomando en cuenta el decremento en peso y los datos ofrecidos por el Sistema servicios a la comercialización y desarrollo de mercados agropecuarios (ASERCA, 2014) para el estado de Veracruz.

Tratamientos comúnmente usados para minimizar las emisiones de NH₃

En la actualidad existen varios productos comerciales con diferentes formas de acción y origen que pueden usarse como auxiliares en el control de la emisión de amoníaco, tales como enzimas que bloquean el desdoblamiento del ácido úrico en amoníaco u otras que adsorben el amoníaco, evitando que este se volatilice, bacterias que compiten con aquellas que producen el gas, y agentes osmóticos, entre otros (Turner, 2008). La complejidad en el uso de estos productos radica en el aumento de los costos de producción, razón por la cual las buenas prácticas de manejo resultan ser las más eficientes. Se ha demostrado que los productos a base de *Yucca schidigera* (Micro-Aid[®]) son muy eficaces para disminuir hasta 60% el nivel de amoníaco en las casetas, justificando no solo su inclusión en los alimentos por el hecho de bajar la emisión de amoníaco, sino por reducir la conversión de alimento hasta en 3%.

Buenas prácticas de manejo para el bienestar animal

Control de pH y humedad relativa. El pH ha resultado un indicador en los niveles de amoníaco emitidos, ya que a niveles ácidos la actividad bacteriana de la ureasa se inhibe. Los acidificantes más comúnmente

Cuadro 3. Cuantificación de pérdidas monetarias a concentraciones de amoníaco superiores a 75 ppm.

Aves de producción por nave	Ganancias con control adecuado de NH ₃ (\$)	Ganancias sin control adecuado de NH ₃ (\$)	Pérdida monetaria (\$)
10,000	884,400.00	804,440.00	79,560.00
20,000	1 768,000.00	1 608,880.00	159,120.00
40,000	3 536,000.00	3 217,760.00	318,240.00

Precio promedio aproximado \$ 34.00 por kilogramo de carne. Peso promedio en pie 2.6 kg por ave (ASERCA, 2014).

usados son formaldehído, bisulfato de sodio, sulfato de aluminio, sulfato de hierro, ácido fosfórico y una combinación de arcilla con ácido sulfúrico (Turner, 2008; Miles *et al.*, 2013). Es importante aplicarlos antes de la llegada de las parvadas a las naves de engorda, así como tomar precauciones tanto para el personal como con los equipos al momento de su aplicación, ya que son agentes corrosivos. La humedad al interior de las naves de producción tiene una relación directa con la volatilización de amoníaco. Un alto contenido de humedad facilita la absorción del amoníaco en las partículas de polvo, por lo que se recomienda conservar una humedad relativa (HR) en un rango de 50% a 70% (Bilgili *et al.*, 2011).

Ventilación. El microclima contenido dentro de la nave debe ser renovado periódicamente para disminuir las concentraciones de gases nocivos (Miles *et al.*, 2006b) y agentes patógenos que puedan afectar la salud y ganancia de peso diario. Esta práctica incide en la concentración de amoníaco no solo por el barrido de éste al exterior, sino también por una estabilidad de otros factores que la promueven (temperatura y humedad del aire). En climas fríos esta práctica disminuye para evitar la pérdida de calor, provocando así un desequilibrio en la concentración de amoníaco, lo cual puede ser perjudicial en las aves (Al Homidan *et al.*, 2003). La guía de mejores técnicas disponibles para el sector de explotaciones intensivas de aves de la comunidad de Valencia (ICTA, 2011) hace mención a los siguientes tipos de estabulación para la cría de pollos de engorda: a) sistema de corral con suelo perforado y secado por aire, b) sistema con niveles, con suelo flotante y desecación forzada y c) sistemas con jaulas, con niveles, con laterales extraíbles y desecación forzada de la gallinaza, siendo este el más eficiente. Las reducciones reportadas varían entre 60% y 94% de las emisiones de amoníaco.

Control de la temperatura dentro de las naves. La temperatura es muy importante en la crianza de pollos de engorda, principalmente en las etapas tempranas donde la temperatura ambiente debe ser por mínima 28 °C. Con el aumento en la temperatura del microambiente se incrementa la actividad microbiana y facilita la volatilización del NH₃ a través del material de la cama, lo que conlleva a una mala calidad del aire, a la cual son susceptibles las aves debido a que también aumenta la frecuencia respiratoria de estas, facilitando así su inhalación. Esto se puede controlar mediante superficies pequeñas, por lo que en sistemas comerciales a gran escala los pollitos son alojados en una sección de la nave, ayudando así a la conservación del calor. En las naves ubicadas en climas tropicales o calurosos es necesario un aislante

que reduzca la penetración del calor del sol sobre la techumbre del mismo, aunque muchas veces aumenta el costo de producción, razón por la cual se sugiere el uso de material vegetal (hojas, ramas u hojas compuestas de las palmas). En los climas fríos se recomienda el uso de techos falsos para reducir la pérdida de calor dentro de las instalaciones (Glatz, 2012).

Reúso de las camas y hacinamiento. La mayoría del nitrógeno perdido vía emisión de amoníaco se da durante su almacenamiento en las camas (Lima *et al.*, 2011). Wheeler *et al.* (2006) documentaron tasas de emisión de este gas en dos condiciones (nueva y de reúso) y diferente densidad de población (aves m^{-2}) durante un periodo de 42 días de crianza, en el cual se sugiere que el uso de la nueva cama para cada parvada recién alojada redujo significativamente las emisiones de amoníaco.

Uso de saponinas en la alimentación animal. Actualmente se realizan investigaciones para buscar productos con potencial nutritivo y que además promuevan la eficiencia del uso de proteína cruda; caso particular son los extractos de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), cuyo tubérculo rico en aporte energético, es secado y pulverizado para extraer saponinas utilizadas en algunos lugares como promotor de crecimiento en pollos y terneras (Buitrago, A. 2001; Valdiviét *et al.*, 2008), mismas que al ser añadidas a la alimentación pasan a través de su tracto digestivo sin ser absorbidas. Al ser excretadas, el amoníaco y otros compuestos que producen olores quedan atrapados.

Extracto de *Yucca schidigera*. Es una planta de la familia *Agavaceae*, endémica de los desiertos de Mojave y Sonora; se distribuye principalmente en los estados de Nevada, Arizona y Baja California. Las saponinas extraídas de los tallos de esta especie han sido usados en producciones pecuarias para reducir malos olores y emisiones de amoníaco (Espinoza *et al.*, 2008), indicando que la adición de este agave a la dieta en la engorda disminuyen significativamente las concentraciones de amoníaco, además de reducir también la materia fecal seca sin afectar el rendimiento del ave. Otros autores han documentado disminuciones de 45% a 77% respecto a grupos de control (Roldán y Rodríguez, 2013).

CONCLUSIÓN

En México es esencial investigar sobre la emisión de amoníaco proveniente de las explotaciones avícolas y su impacto no solo en aves, sino también en la salud

humana, la vegetación natural y cuerpos de agua que son el destino final donde se deposita el amoníaco. Las buenas prácticas de manejo comúnmente reflejadas en el bienestar animal son determinantes para atenuar las emisiones de NH_3 y reducir las pérdidas por mortandad, enfermedades, baja asimilación de nutrientes y costos que de ello se derivan.

LITERATURA CITADA

- Al Homidan A., Robertson J.F., Petchey A.M. 2003. Effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. *World's Poultry Science Journal*, 59 p.
- Aneja V.P., Schlesinger W.H., Erisman J.W. 2009. Effects of agriculture upon the air quality and climate: Research, Policy and regulations. *Environmental science and technology* 43 (12):4234-4240.
- ASERCA. 2014. Pollo entero. <http://acerca.gob.mx/comercializacion/PYP/avicolas/paginas/Avicolas-Pollo.aspx>(accesed101614).
- Bilgili S.F., Hess J.B., Donald J., Fancher B. 2011. Consideraciones prácticas para reducir el riesgo de pododermatitis. *Aviagen Brief*.
- Buitrago A. J. 2001. La yuca en la alimentación avícola. Cuadernos avícolas. Consorcio latinoamericano y del caribe de apoyo a la investigación y al desarrollo de la yuca, Clayuca, Bogotá, Colombia.
- EPA U.S. 2014. Inventory of U.S. Greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2012. 2014 edn. Environmental Protection Agency.
- Espinoza M. V., García C. A.C., Herrera H. J.G., Álvarez M.A.G., Estrada B.S.G., Meza C.M. 2008. Effects of *Yucca schidigera* Extract on Biochemical and Hematological Profiles of Growing and Fattening Pigs. *Revista científica, FCV-LUZ*, vol XVIII.
- Fabbri C., Valli L., Guarino M., Costa A., Mazzotta V. 2007. Ammonia, methane, nitrous oxide and particulate matter emissions from two different buildings for laying hens. *Biosystems Engineering* 97 (4):441-455. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.03.036>.
- Glatz P. 2012. Alojamiento y manejo de las aves de corral en los países en desarrollo. *In: Revisión del desarrollo avícola. Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura, Roma, Italia*, pp 25-46.
- ICTA UPV. 2011. Guía de mejores técnicas disponibles para el sector de explotaciones intensivas de aves en la comunidad valenciana. Primera edición edn. Centro de Tecnologías Limpias, C.T.L.
- IPCC. 2001. Synthesis report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate change 2001. Cambridge university press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA*.
- Lima K., Moura D.J., Carvalho T.M.R., Bueno L.G., Vircellino R.A. 2011. Ammonia emissions in tunnel-ventilated broiler houses. *brasilian journal of poultry science* 13 (4):265-270.
- Lon-Wo E. 2003. La producción avícola y la contaminación ambiental. Paper presented at the La nutrición y la fisiología digestiva en en la producción de animales monogástricos y su impacto ambiental, Mérida, Yucatán, México.
- Miles D.M., Branton S.L., Lott B.D. 2004. Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers. *Poultry science* 83:1650-1654.

- Miles D.M., Brooks J.P., McLaughlin M.R., Rowe D.E. 2013. Broiler litter ammonia emissions near sidewalls, feeders, and waterers. *Poultry science* 92:1693-1698.
- Miles D.M., Miller W.W., Branton S.L., Maslin W.R., Lott B.D. 2006a. Ocular responses to ammonia in broiler chickens. *Avian Diseases* 50 (1):45-49
- Miles D.M., Owens P.R., Rowe D.E. 2006b. Spatial variability of litter gaseous flux within a commercial broiler house: ammonia, nitrous oxide, carbon dioxide and methane. *Poultry science* 85 (2):167-172.
- Nagaraja K.V. 1992. El control del amoniaco en los gallineros. *Selecciones avícolas*, vol 35. Real Escuela de Avicultura, España.
- Olanrewaju H.A., Miller W.W., Maslin W.R., Thaxton J.P., Dozier W.A., Purswell J., S.L. B. 2007. Interactive effects of ammonia and light intensity on ocular, fear and leg health in broiler chickens. *Poultry Science* 6 (10):762-769
- Roldán L.P., Rodríguez G.L. 2013. Evaluaciones del uso de productos con extracto de *Yucca schidigera* para el control del amoniaco en explotaciones avícolas. Plumazos. Asociación colombiana de médicos veterinarios y zootecnistas especialistas en avicultura. AMEVEA, Colombia.
- SEMARNAT. 2013. IV Inventario nacional de emisiones de GEI. Instituto Nacional de ecología y cambio climático INECC.
- SIAP. 2013. Atlas agroalimentario. Primera edición edn., México, Distrito Federal
- STPS. 2014. Norma Oficial mexicana NOM-010-STPS-2014, Agentes químicoss contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control. Diario oficial de la federación, México.
- Turner B.J. 2008. Manejo y reuso de cama - Tratamiento para prevención de enfermedades. Tech notes. AVIAGEN, Hustville, Alabama, USA.
- UNA. 2014. Indicadores económicos. Indicadores económicos del sector avícola 2014. Unión nacional de avicultores, México, D.F.
- UNAM. 2014. Hoja de seguridad 18: Amoniaco. Hojas de seguridad. Protección civil, México, Distrito Federal.
- Valdivié M., Rodríguez B., Bermnal H. 2008. Alimentación de aves, cerdos y conejos con raíz de yuca (*Manihot sculenta* crantz). *Asociación cubana de producción animal* 2:45-47.
- Wheeler E.F., Casey K.D., Gates R.S., Xin H., Zajaczkowski J.L. 2006. Ammonia emissions from twelve U.S.A. broiler chicken houses. *American society of agricultural and biological engineers* 49 (5):1495-1512.

