

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS CÓRDOBA

POSTGRADO EN INNOVACION AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

**DENSIDAD DE CAMA Y PROGRAMA DE SALUD PODAL EN EMISIÓN DE
AMONIACO EN POLLOS DE ENGORDA**

JUAN MANUEL COHUO COLLI

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

AMATLÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO

Septiembre, 2016

La presente tesis, titulada: **Densidad de cama y programa de salud podal en emisión de amoniaco en pollos de engorda**, realizada por el alumno: **Juan Manuel Cohuo Colli**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN INNOVACION AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE


CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:




Dr. Joel Velasco Velasco

ASESOR:



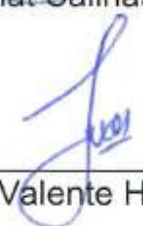
Dra. Aleida Selene Hernández Cázares

ASESOR:



Dr. Josafhat Salinas Ruíz

ASESOR:



Dr. Juan Valente Hidalgo Contreras

Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, septiembre del 2016

RESUMEN

DENSIDAD DE CAMA Y PROGRAMA DE SALUD PODAL EN LA EMISIÓN DE AMONIACO EN POLLOS DE ENGORDA

Juan Manuel Cohuo Colli, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

El amoníaco que se emite en las granjas avícolas, tiene impacto en el desarrollo y bienestar de las aves, el aire, suelo y agua. Por estas razones, es importante cuantificar y reducir la emisión de amoníaco. En este estudio se evaluó el efecto de la densidad de cascarilla de arroz como material de cama junto con un programa de salud podal (40 ppm de Availa-Zn®, 40 ppm de Availa-Mn® y 125 ppm de extracto de *Yucca schidigera* (MicroAid®) adicionadas en la dieta) sobre la emisión de amoníaco en pollos de engorda. Los tratamientos evaluados fueron: 1) programa tradicional de engorda con densidad de cama de 1 kg m⁻² de cascarilla de arroz, 2) programa tradicional de engorda más un incremento en la densidad de cama de 1 a 2 kg m⁻², 3) programa tradicional de engorda más un programa de salud podal con densidad de cama de 1 kg m⁻², y 4) el Tratamiento 3 con densidad de cama de 2 kg m⁻². Se usaron pollos de la línea Ross de un día de edad. La emisión de amoníaco en cama y a la altura de pico (ppm), humedad relativa y de cama (%), pH, temperatura de cama y ambiental (°C), se evaluaron semanalmente durante el ciclo de engorda. La emisión de amoníaco en cama mostró diferencia significativa entre tratamientos ($p \leq 0.0001$). La densidad de cama de 2 kg m⁻² junto con un programa de salud podal en forma separada y combinada mostraron un efecto positivo en reducir las emisiones de amoníaco con respecto al programa tradicional de engorda.

Palabras clave: emisión de amoníaco, pollos de engorda, minerales orgánicos, densidad de cama

ABSTRACT

LITTER DENSITY AND FOOT HEALTH PROGRAM IN THE AMMONIA EMISSION IN BROILERS

Juan Manuel Cohuo Colli, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

Ammonia emitted at poultry farms, impacts on the development and welfare of the birds in the air, soil and water. For these reasons, it is important to quantify and reduce ammonia emission. In this study the effect of density of rice husk as bedding material with foot health program (40 ppm of Availa-Zn®, 40 ppm of Availa-Mn® and 125 ppm Yucca schidigera extract (MicroAid®) adding in diet) on the emission of ammonia in broilers was evaluated. The treatments were: 1) fattening traditional program with litter density of 1 kg m⁻² rice husks, 2) Treatment 1 with litter density of 2 kg m⁻², 3) fattening traditional program plus foot health program with litter density of 1 kg m⁻², and 4) Treatment 3 with litter density of 2 kg m⁻². Ross chickens line day old were used. They were assessed weekly during fattening cycle, litter ammonia emission and peak height (ppm), litter humidity (%), relative humidity (%), pH, litter temperature (° C) environment temperature (° C). Litter ammonia emissions showed significant difference between treatments ($p \leq 0.0001$). Litter density of 2 kg m⁻² along with a foot health program separately and combined showed a positive effect on reducing ammonia emissions compared to a traditional program.

Keywords: ammonia emission, broilers, organic minerals, litter density

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, por la oportunidad que me brindo para lograr mis estudios de maestría y así poder cumplir una meta más para mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado durante toda la maestría.

Al Grupo Pecuario San Antonio por la oportunidad que brindo para poder desarrollar esta investigación.

Al Dr. Joel Velasco Velasco por aceptarme para poder realizar esta tesis, por su apoyo y confianza en el trabajo, consejos para mejorar mi formación y poder desarrollar actividades propuestas durante el tiempo que duro la maestría, así como darme la oportunidad de salir a una estancia en el extranjero.

A la Dra. Aleida Selene Hernández Cázares por sus comentarios y sugerencias en el desarrollo de la investigación, así como en la redacción de los artículos.

Al Dr. Josafat Salinas Ruiz y al Dr. Juan Valente Hidalgo Contreras por apoyarme en la parte estadística de esta investigación, del cual he aprendido mucho y por ser parte de esta investigación.

Al Maestro Víctor Brito por la oportunidad de haber colaborado con él y por su apoyo durante la realización de la investigación.

Al Dr. Raúl Moral Herrero por aceptarme y apoyarme para realizar una estancia en la Universidad Miguel Hernández, y aprender nuevas cosas, así como a José Alberto Sáez Tovar y Alberto Vico López por apoyarme y hacer que mi estancia en España fueran agradables.

A la Dra. Elvia López por apoyarme, alentarme y ayudarme para continuar estudiando la maestría.

DEDICATORIA

A Mis padres, gracias por todo sus consejos y apoyo incondicional en todo momento, por estar conmigo en cada etapa de mi vida por comprenderte, entenderme en los momentos más difíciles, por su paciencia, por ese gran ejemplo que siempre me han brindado, pero sobre todo por aceptarme tal y como soy.

A mis cuatro grandes amores, mis hermanas, por su apoyo en todo momento, por su cariño y comprensión, por ayudarme a lograr mis sueños y alentarme en cada momento y nunca dejarme caer, a todas les digo gracias.

A mis abuelos que ya no se encuentran conmigo, pero siempre me aconsejaron seguir adelante y luchar por lo que yo quiero y por darme su apoyo incondicional.

A grandes amigos (Paulina, Hugo, José Luis, Ricardo, Arisel) que tuve la oportunidad de conocer en Córdoba, por hacer que los momentos vividos en esta ciudad fueran agradables.

A mi mejor amigo Francisco Cauich Can, por apoyarme siempre en todos los aspectos, con el cual se ha construido una gran hermandad.

Para todas aquellas personas que en algún momento de mi vida estuvieron apoyándome y guiándome para poder lograr esta meta.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION GENERAL	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos particulares	2
2.3 Hipótesis	2
3. BIBLIOGRAFIA	3
CAPITULO I. EL AMONIACO EN LAS EXPLOTACIONES AVÍCOLAS: EFECTOS SOBRE LAS AVES Y EL AMBIENTE	4
1.1 RESUMEN	4
1.2 SUMMARY.....	5
1.3 INTRODUCCIÓN	6
1.4 DESARROLLO DEL TEMA	8
1.4.1 La producción avícola en México	8
1.4.2 El amoniaco.....	9
1.4.3 La formación de amoniaco en la industria avícola.....	10
1.4.4. Efectos del amoniaco sobre el medio ambiente	11
1.4.5 Efectos del amoniaco sobre la salud de los pollos de engorda.....	13
1.4.6 El amoniaco en el desarrollo de la pododermatitis	13
1.4.7. Estrategias para reducir el amoniaco de las granjas avícolas	16
1.5 CONCLUSIONES	18
1.6. LITERATURA CITADA	19

CAPITULO II. EFECTO DE LA DENSIDAD DE CAMA Y PROGRAMA DE SALUD	
PODAL EN LA EMISSION DE AMONIACO EN POLLOS DE ENGORDA.	25
2.1 RESUMEN	25
2.2 SUMMARY	26
2.3 INTRODUCCIÓN	27
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
2.6 CONCLUSIONES	45
2.7. LITERATURA CITADA	46
4. CONCLUSIÓN GENERAL	53

LISTA DE CUADROS

CAPITULO I	Página
Cuadro 1. Efectos del amoniaco a concentraciones altas sobre la salud de las aves en granjas avícolas.	13
CAPITULO II	
Cuadro 2. Características de cada uno de los tratamientos evaluados	30
Cuadro 3. Valores promedio de variables evaluadas durante el periodo de engorda de pollos de dos granjas comerciales en el estado de Veracruz	41

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I	Página
Figura 1. Principales estados productores de pollo de carne en México en el 2014 .	9
Figura 2. Representación de la molécula del amoniaco	9
Figura 3. Proceso de emisión de amoniaco en cama de pollos de engorda.....	11
CAPITULO II	
Figura 4. Emisión de amoniaco en cama de pollos de engorda de dos granjas comerciales en el Estado de Veracruz.....	33
Figura 5. Porcentaje de la humedad de cama en pollos de engorda de dos granjas comerciales del estado de Veracruz.	34
Figura 6. Temperatura de cama en pollos de engorda en dos granjas comerciales del estado de Veracruz.	35
Figura 7. pH de material de cama en pollos de engorda en dos granjas comerciales del estado de Veracruz.	36
Figura 8. Porcentaje de humedad relativa en dos granjas comerciales de pollos de engorda en el estado de Veracruz.	37
Figura 9. Temperatura ambiental (°C) de dos granjas comerciales de pollos de engorda del estado de Veracruz.	39
Figura 10. Valores promedio de la concentración de amoniaco a la altura del pico de pollos de engorda de dos granjas comerciales del estado de Veracruz	42
Figura 11. Emisión de amoniaco total de un ciclo de producción de pollos de engorda en dos granjas comerciales de la región central del estado de Veracruz. .	44

1. INTRODUCCION GENERAL

El inevitable crecimiento de la industria avícola en México ha traído como consecuencia un incremento de los gases que se generan dentro de las granjas avícolas, tales como amoniaco, sulfuro de hidrógeno, compuestos orgánicos volátiles, siendo el amoniaco el principal gas (MAPA, 2016).

En la actualidad estos gases se han convertido en un problema social y ambiental por los olores que se generan de las granjas, generando conflictos y quejas por parte de las comunidades cercanas a dichas granjas, el cual reduce la calidad de vida de los habitantes (Herrera *et al.*, 2013). La emisión de amoniaco causa eutrofización en cuerpos de agua, altera el pH del suelo entre otros (UNFCC, 1997), tiene repercusiones en la salud y bienestar de las aves dentro de las granjas avícolas, del cual se ha detectado que 25 ppm de amoniaco ocasiona enfermedades como la uveítis, problemas respiratorios e infecciones, comprometiendo el desarrollo y rendimiento de las aves y en otros casos ocasiona la muerte (Jodas y Hafez, 2001; Miles *et al.*, 2006).

Se han encontrado factores relacionados con la emisión de amoniaco, como la temperatura, humedad de cama y pH (Miles *et al.*, 2011); para ello se han implementado varias estrategias que mitiguen los altos niveles de amoniaco, tales como: tipo de materiales de cama (Garcês *et al.*, 2013), complementos adicionados a la dietas de las aves como la *Yucca schidigera* (Sahoo *et al.*, 2015), entre otras. Para el caso de nuestro país la investigación sobre este tema aún son emergentes, por lo mismo es importante implementar estrategias de otros países para conocer, estimar y reducir la cantidad de amoniaco que se emite en las diferentes granjas avícolas, sin dejar de ver los problemas que ocasiona sobre la salud de las aves, la salud humana y el medio ambiente.

2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la densidad de cama, minerales orgánicos (Availa-Zn y Availa-Mn) con un extracto de *Yucca schidigera* (MicroAid) como complementos a un programa tradicional de engorda de pollos sobre la emisión de amoniaco.

2.2. Objetivos particulares

- Evaluar el efecto de la densidad de cama, minerales orgánicos (Availa-Zn y Availa-Mn) con un extracto de *Yucca schidigera* (MicroAid) como complementos a un programa tradicional de engorda de pollos sobre la emisión de amoniaco en cama y a la altura de pico de las aves.
- Evaluar el efecto de la densidad de cama, minerales orgánicos (Availa-Zn y Availa-Mn) con un extracto de *Yucca schidigera* (MicroAid) como complementos a un programa tradicional de engorda de pollos sobre la humedad de cama y temperatura de cama.
- Estimar la concentración total de amoniaco emitido en un periodo de engorda de pollos.

2.3 Hipótesis

El incremento de la densidad del material de la cama a 2 kg m⁻² y el uso de minerales orgánicos (Availa-Zn, Availa-Mn) y extracto vegetal de yucca (MicroAid) como complemento a un programa tradicional de engorda de pollos reduce la emisión de amoniaco.

3. BIBLIOGRAFIA

- Garcês, A., S. M. Afonso, A. Chilundo, and C. T. Jairoce. 2013. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 1. Litter characteristics and quality. *Journal Applied Poultry Research* 22: 168–176.
- Herrera, J., J. F. Rojas y A. Bolaños. 2013. Diagnóstico preliminar de los niveles de emisión de amoniaco y sulfuro de hidrógeno en distintas modalidades de producción en granjas avícolas en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales* 46 (2): 15-26.
- Jodas, S. y H. M. Hafez. 2001. Manejo de la cama y enfermedades relacionadas de los pavos. *Revista Avicultura Profesional* 19(5): 17-21.
- MAPA. 2006. Asistencia técnica para la implantación de la directiva IPPC en España, Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Miles, D. M., D. E. Rowe, and T. C. Cathcart. 2011. High litter moisture content suppresses litter ammonia volatilization. *Poultry Science* 90: 1397-1405.
- Miles, D. M., W. W. Miller, S. L. Branton, W. R. Maslin, and B. D. Lott. 2006. Ocular responses to Ammonia in Broiler Chickens. *Avian Diseases* 50 (1): 45-49.
- Sahoo, S. P., D. Kaur, A. P. Sethi, A. Sharma, and M. Chandra. 2015. Evaluation of *Yucca schidigera* extract as feed additive on performance of broiler chicks in winter season. *Veterinary World* 8 (4): 556–559.
- UNFCCC. 1997. Kyoto protocol to the United Nations Framework. Convention on climate change. Disponible en: <http://unfccc.int/2860.php> consultado 24/10/15

CAPITULO I.

EL AMONIACO EN LAS EXPLOTACIONES AVÍCOLAS: EFECTOS SOBRE LAS AVES Y EL AMBIENTE

Cohuo-Colli, J.M.¹; Salinas-Ruíz J.¹; Hernández-Cázares, A.S.¹; Hidalgo-Contreras, J. V. y Velasco-Velasco, J.¹

1.1 RESUMEN

El amoniaco es uno de los gases más importantes que se emiten en las granjas avícolas. Este gas repercute en el desarrollo y bienestar de las aves; en concentraciones altas influye en la proliferación de enfermedades oculares, respiratorias, e incluso daña la almohadilla plantar de los pollos. En general, el amoniaco tiene repercusiones en la contaminación del aire, suelo y agua; genera malos olores, altera el pH y reciclaje de nutrientes del suelo, provoca eutrofización y contaminación de cuerpos de agua, y en situaciones más graves afecta la salud humana. Por estas razones, esta investigación plantea cuantificar la emisión de amoniaco en granjas avícolas y propone estrategias que contribuyan a reducir el problema de la emisión de este gas y por ende los efectos que este gas ocasiona a las explotaciones avícolas y a los ecosistemas cercanos a dichas instalaciones avícolas.

Palabras clave: emisión de gases, estrategias de reducción, contaminación, bienestar animal

THE AMMONIA IN POULTRY OPERATIONS: EFFECTS ON BIRDS AND ENVIRONMENT

Cohuo-Colli, J.M.¹; Salinas-Ruíz J.¹; Hernández-Cázares, A.S.¹; Hidalgo-Contreras, J.V. y Velasco-Velasco, J.¹

1.2 SUMMARY

Ammonia is one of the most important gases emitted in poultry farms. This gas has an impact on the development and welfare of birds. In high concentrations, it influences the proliferation of eye and respiratory diseases, and even it damages the pad plantar of chickens. In general, ammonia has an impact on air, soil and water pollution. It generates odors, alters the pH and nutrient recycling in soil, eutrophication and pollution of water; which occurs in different processes, and in some cases ammonia affects human health. For these reasons, it is very important to do more research and better understanding of this matter. It is important to quantify the ammonia emissions on poultry farms by specific research, in order to propose strategies that could help to reduce ammonia emissions, and therefore to reduce the negative effects of nitrogen compounds deposition nearby poultry facilities ecosystems.

Keywords: emission of gases, reduction strategies, pollution, welfare animal

1.3 INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales productores de carne de pollo ocupando el 5° lugar a nivel mundial. La industria avícola en México es un sector estratégico dentro del entorno agroalimentario debido a la gran demanda de productos avícolas como el huevo y la carne de pollo. En el 2014 el consumo per cápita de carne de pollo fue de 24.8 kg. Siendo esta carne una de las principales fuentes de proteína animal ofertados en el mercado, traducido en una gran demanda, lo que indica un crecimiento en la producción año con año (UNA, 2014).

El eminente crecimiento de la producción de carne de pollo ha traído como consecuencia un fuerte nivel de tecnificación de las explotaciones avícolas, para proporcionar un mayor confort y bienestar a las aves e incrementar el número de animales por metro cuadrado. Bokkers *et al.*, (2011) mencionan que la densidad apropiada es de 16 aves m⁻², mientras que Dawkings *et al.*, (2004) mencionan que una densidad aproximada de 23 aves m⁻² no afecta el desarrollo y comportamiento de las aves. También se ha tenido grandes avances en la nutrición y en el mejoramiento genético, con el fin de tener mejor crecimiento, mejorar el índice de conversión alimenticia y obtener mayor peso vivo en periodos cortos (Rostagno *et al.*, 2011; Donald, 1997).

Por otra parte, el crecimiento de la industria avícola por el aumento del número de aves en las granjas avícolas ha provocado el incremento de la emisión de varios gases, esto por la interacción con condiciones medioambientales tales como la temperatura, la humedad, la ventilación, entre otros. Estas condiciones junto con factores físicos y biológicos, como la descomposición bacteriana en excretas y en material de la cama, dan lugar a uno de los principales gases, el amoníaco, el cual

repercute en problemas de contaminación ambiental, tanto dentro y fuera de la nave avícola (Quintana, 1999; Sainsbury, 2000).

El amoníaco a concentraciones mayores de 25 ppm dentro de las naves avícolas ocasiona enfermedades oculares en las aves como la uveítis (Miles *et al.*, 2006); asimismo, se desarrollan enfermedades como la queratoconjuntivitis, problemas respiratorios, daños patológicos, e infecciones (Jodas y Hafez, 2001). Weaver *et al.*, (1991) indican que el amoníaco ligado con niveles altos de humedad relativa tiene influencia en el desarrollo de enfermedades conocidos como pododermatitis, debido a las quemaduras que este gas causa en las aves.

Varios estudios realizados en la Unión Europea y E.U.A. han encontrado factores relacionados con la emisión de amoníaco, como por ejemplo la temperatura, humedad de la cama y el pH (Miles *et al.*,2011); de igual forma han implementado varias estrategias para mitigar los altos niveles de amoníaco en las granjas, desde diferentes puntos de vista, como por ejemplo: materiales de cama (Garcês *et al.*, 2013), complementos adicionados a la dieta de las aves como la *Yucca schidigera* (Sahoo *et al.*,2015), entre otras. Bajo este contexto es importante conocer, estimar e implementar estas estrategias para otros países como México, en el que la investigación en este tema apenas está emergiendo y así mediante investigaciones de caso, estimar la cantidad de amoníaco que se emite en las diferentes granjas avícolas, sin dejar de ver los problemas que ocasiona sobre la salud de las aves, la salud humana y el medio ambiente.

1.4 DESARROLLO DEL TEMA

1.4.1 La producción avícola en México

La avicultura es una de las actividades más importantes en México, ocupa el quinto lugar como productor de huevo y carne de pollo aportando el 3.5 % del total de la producción mundial. También es considerado como un sector estratégico dentro del entorno agroalimentario, ya que cada 10 kg de proteína animal que se oferta en el mercado, 6 kg pertenecen a alimentos avícolas como la carne de pollo y huevo (UNA, 2014). Según la UNA (2014) existe gran demanda de carne de pollo, tan solo en el año 2014 el consumo de carne de pollo fue de 24.6 kg per cápita. La actividad avícola también se ha convertido en una fuente de empleos para población, en el 2014 esta actividad generó 154 mil empleos de las cuales 192 mil fueron empleos directos y 962 mil indirectos (UNA, 2014).

Dentro de los principales estados productores de carne de pollo, el estado de Veracruz ocupa el segundo lugar, aportando el 10 % del total de la producción nacional (UNA, 2014). Para el año 2014, Veracruz tuvo una producción de carne en canal de 293, 685 toneladas, generando una ganancia de \$ 10 196 279 pesos MXN (SIAP, 2015) colocando a la actividad avícola como una de las actividades más importantes en el estado dentro del ámbito agroalimentario por su impacto económico, lo que ha llevado a la industria avícola a aumentar su producción y tener crecimiento constante.

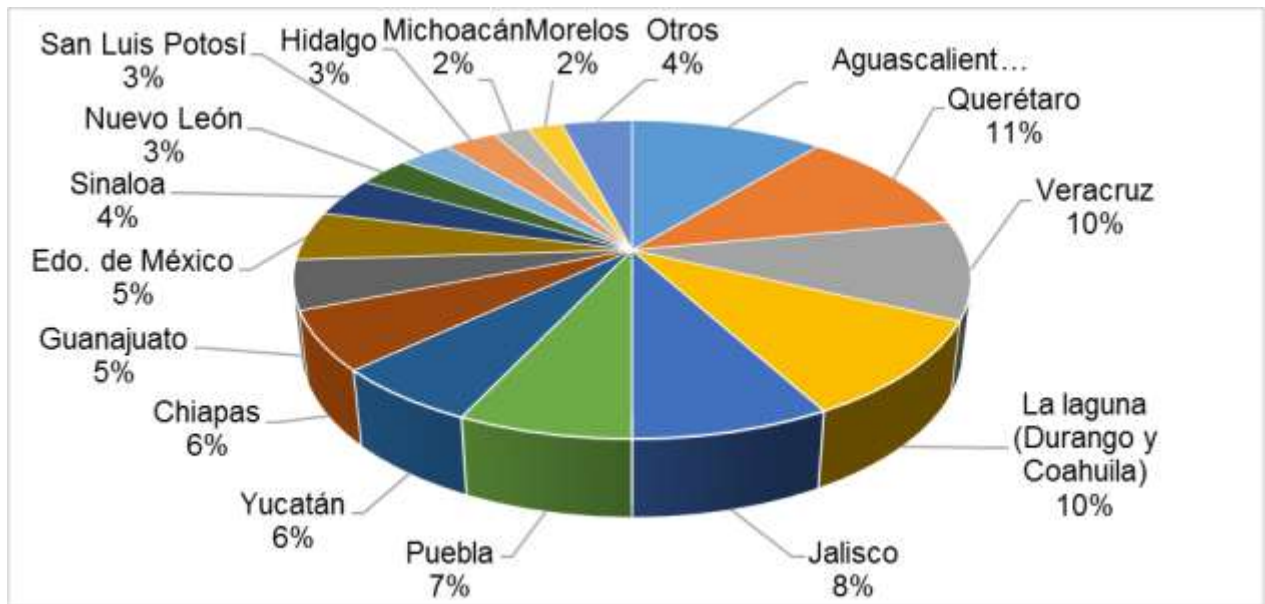


Figura 1. Principales estados productores de pollo de carne en México en el 2014
Fuente: UNA, 2014

1.4.2 El amoníaco

El amoníaco (NH_3) es un compuesto químico cuya molécula consiste de un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de hidrógeno (H), es un gas incoloro de olor muy fuerte, y se puede producir naturalmente o antropogénicamente (Figura 2). Es muy difícil de controlarlo ya que se disuelve fácilmente en el agua y se evapora rápidamente. Este gas naturalmente se produce en el suelo por bacterias, plantas y animales en descomposición y por desechos animales.

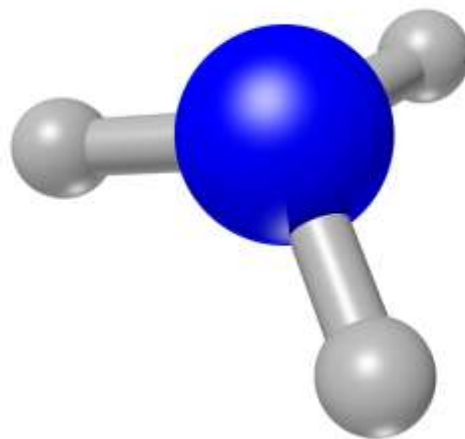


Figura 2. Representación de la molécula del amoníaco

1.4.3 La formación de amoníaco en la industria avícola

Dentro de las naves avícolas, existen emisiones de diversos contaminantes gaseosos, del cual se pueden destacar el dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), pero el principal gas es el amoníaco (Solomon *et al.*, 2007). Este además de ser uno de los gases más comunes, se puede distinguir por ser altamente irritante y llega a afectar tanto a los propios animales como a los trabajadores de las granjas. El amoníaco se produce en la cama donde son instalados los pollos y se genera por la descomposición microbiana de sustancias nitrogenadas, principalmente el ácido úrico proveniente de las heces de las aves (Roney *et al.*, 2004).

Según Wyatt (1985) el alimento proporcionado a las aves, está compuesta por nitrógeno en forma de aminoácidos derivados principalmente de la proteína, misma que sirve al animal para la formación de huesos, músculo, líquidos corporales, plumas, carne, etc.; sin embargo, todo el nitrógeno que reciben no es aprovechado eficientemente y una gran cantidad se elimina con las excretas. Este exceso de nitrógeno es desechado en forma de ácido úrico y de proteínas no digeridas por las aves, presentando hasta un 70 y 30 % de N, respectivamente. Estos se mezclan con el material de la cama, donde existe microflora bacteriana que participa en la descomposición de la misma por efecto de la humedad, al igual que un mayor número de enzimas, siendo la más importante la ureasa, permitiendo la producción de amoníaco (Groot, 1994). Tras la descomposición del ácido úrico, la emisión del amoníaco se produce por la volatilización del gas, este proceso de emisión también es afectado por varios factores como el tipo de material de la cama, la temperatura, la humedad de cama, la ventilación y algunos autores mencionan que las técnicas

de manejo de las aves también influyen en dicho proceso (Patterson y Adrizal, 2005).

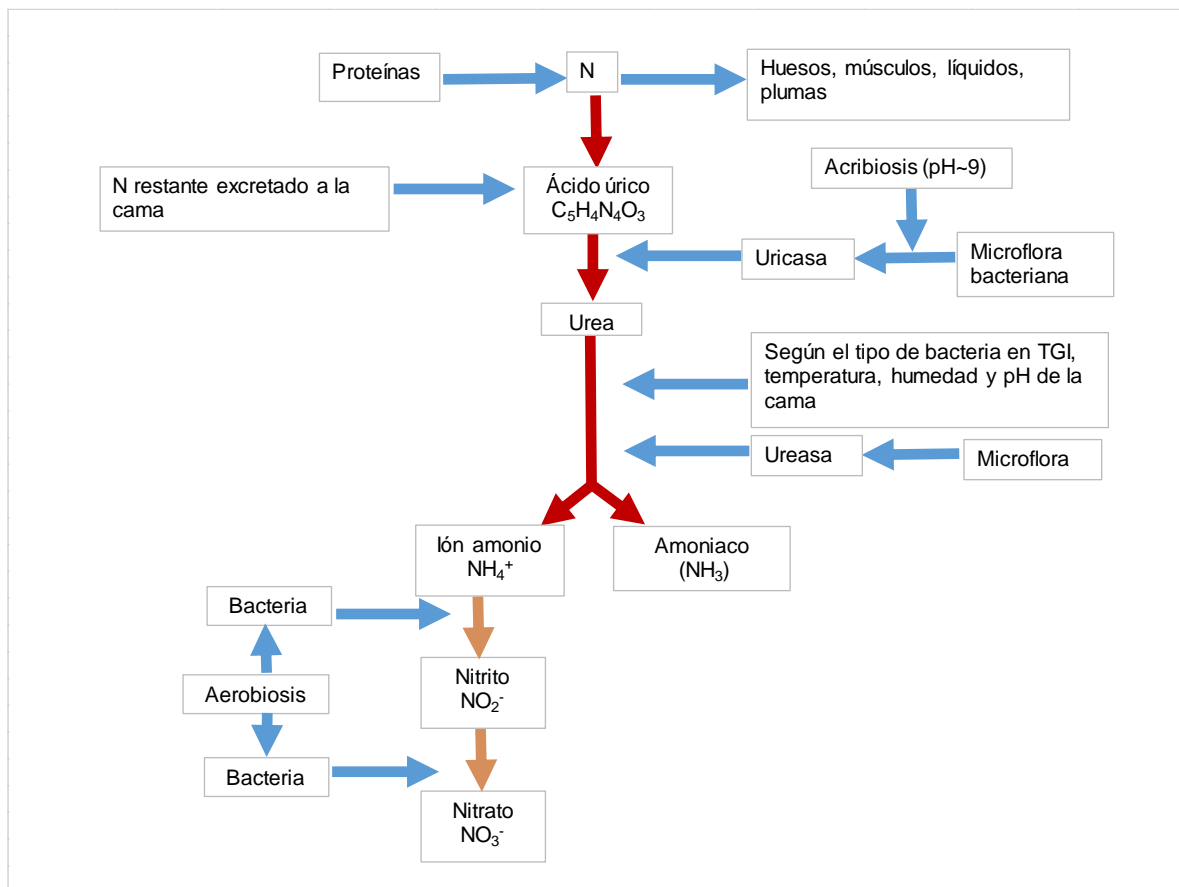


Figura 3. Proceso de emisión de amoníaco en cama de pollos de engorda
Fuente: Arellano, 2014

1.4.4. Efectos del amoníaco sobre el medio ambiente

Las emisiones de gases hacia el medio ambiente es una de los principales preocupaciones en todo el mundo, las cuales provienen principalmente de las instalaciones pecuarias como bovinos, porcinos y aves de corral, por ello un número creciente de países han optado por introducir legislaciones que tiene como objetivo principal reducir la emisión de contaminantes como el amoníaco (Bjerg *et al.*, 2013).

1.4.4.1 Contaminación del aire

Las emisiones de amoníaco junto con otros contaminantes como sulfuros de hidrógeno, metano y dióxido de carbono, producen molestias, principalmente olores desagradables, que puede llegar a afectar la salud humana por problemas respiratorios; además la mayoría de estos compuestos contribuyen a la destrucción de la capa de ozono por la producción de óxido nitroso, como parte de los gases emitidos durante la descomposición microbiana (Pacheco *et al.* 1997)

1.4.4.2. Contaminación del suelo

En las actividades pecuarias se producen grandes volúmenes de estiércol, el vertido de estos desechos ocasionan una acumulación de nutrientes en el suelo alterando su pH, otros problemas relacionados puede ser la infiltración al subsuelo de nitratos, contaminación por microbios patógenos, entre otros (Pacheco *et al.*, 1997).

1.4.4.3. Contaminación de agua

La contaminación superficial del agua por excretas se manifiesta principalmente por la presencia de amonio y sulfatos, provenientes de lluvias acidas, lo que genera un exceso de nutrientes en el agua y favorece el crecimiento de algas, ocasionando el agotamiento de oxígeno disuelto y el aumento de materia orgánica, en situaciones graves llega a causar la eutrofización de los cuerpos de agua (Pacheco *et al.*, 1997). En dos estudios de caso realizados por Constable *et al.*, (2003) en Canadá, revelaron que una cantidad de 62 t de amoníaco por año de una planta municipal de tratamiento de aguas residuales son capaces de producir un impacto ecológico negativo, principalmente a los organismos acuáticos y las plantas terrestres.

1.4.5 Efectos del amoníaco sobre la salud de los pollos de engorda

Para la industria avícola, como ya se ha mencionado, una de las preocupaciones por la generación y emisión de amoníaco incluye temas referentes a los niveles de producción, salud y bienestar animal. Los actores involucrados en esta industria se han interesado en controlar y reducir la emisión de este gas dentro de las instalaciones avícolas, ya que genera múltiples problemas y enfermedades sobre las aves (Ritz *et al.*, 2004). Beker *et al.* (2004) encontró que el amoníaco disminuye el rendimiento de las aves y aumenta la susceptibilidad a desarrollar alguna enfermedad. En el Cuadro 1 se muestran algunas concentraciones de amoníaco que pueden afectar la salud y el bienestar animal de las aves.

Cuadro 1. Efectos del amoníaco a concentraciones altas sobre la salud de las aves en granjas avícolas.

Concentración de amoníaco	Efectos en la salud y bienestar animal
20 ppm (durante 6 semanas)	<ul style="list-style-type: none">• Edema pulmonar, congestión y hemorragias• Mayor susceptibilidad ante las enfermedades respiratorias debido a la ciliostasis
40 ppm	<ul style="list-style-type: none">• Deciliación y disminución de la eliminación de <i>E. coli</i> de los pulmones y saco aéreos.
25-50 ppm	<ul style="list-style-type: none">• Reducción del peso corporal y la eficacia del alimento e incremento de la aerosaculitis en las aves expuestas al virus de la bronquitis infecciosa
50-10 ppm	<ul style="list-style-type: none">• Queratoconjuntivitis, ulceración corneal y ceguera.

Fuente: Miles *et al.*, 2004

1.4.6 El amoníaco en el desarrollo de la pododermatitis

Una de las enfermedades que se le ha dado mayor énfasis en los últimos años es la pododermatitis (daño causado en la almohadilla plantar) de los pollos, considerado como un importante indicador en el bienestar de los pollos de engorda (Meluzzi *et al.*, 2008). La importancia del cuidado de las patas del ave es debido a su valor

especial en el mercado extranjero, sudeste asiático y china; sin embargo, con la presencia de la pododermatitis en las aves avícolas se tienen significantes pérdidas económicas ya que las patas con lesiones no son aptas por el consumo humano y los precios se reducen en el mercado (Taira *et al.*, 2014). La pododermatitis es conocida por varios nombres, tales como dermatitis de contacto, dermatitis de la almohadilla plantar, y todos se refieren a una condición que se caracteriza por la inflamación y lesiones necróticas desde la superficie plantar de las almohadillas de las patas y de los pies a lo profundo. Las úlceras profundas pueden dar lugar a abscesos y engrosamiento de los tejidos subyacentes y estructuras (Greene *et al.*, 1985). Sin embargo, el alto contenido de humedad está implicado junto con el amoníaco para el desarrollo de esta enfermedad (Weaver *et al.*, 1991) al igual que otros factores que a continuación se menciona.

1.4.6.1. Material de la cama para la crianza de pollos de engorda

El manejo de la cama es un aspecto importante en la crianza de los pollos, el material que se utiliza sirve como aislamiento térmico, absorción de humedad, barrera protectora de la tierra, entre otros (Bilgili *et. al*, 2009). Al final la cama se refiere a la mezcla de materiales de cama, excrementos fecales y alimento. Los materiales de cama varían según la región en relación con el costo y la disponibilidad.

El material de la cama más utilizado en Estados Unidos es la viruta de pino y en Europa la paja. La cascarilla de arroz y la cáscara de cacahuete son otros materiales utilizados regularmente como material de cama (Grimes *et al.*, 2002). Muchos de éstos materiales han sido utilizados principalmente para la absorción de la humedad y evitar el apelmazamiento, lo cual se refiere a la compresión de las capas del material de la cama en una sola capa húmeda en la parte superior y

generalmente tiene la mayor parte de la humedad y material fecal (Bilgili *et al.*, 2009). De acuerdo con Grimes *et al.* (2002), el material de cama más destacado en la retención de mayor contenido de humedad es la viruta de pino, seguido de la cascarilla de arroz, olotes de maíz, aserrín de pino, corteza de pino y arcilla. Sirri *et al.*, (2007) indican que el porcentaje de pododermatitis en pollos de engorda fue menor en camas de viruta de pino comparados con la paja, después de la cascarilla de arroz y cáscara de cacahuate.

Las diferencias en el tamaño de partícula de estos materiales fue uno de los factores más importante para destacar su eficiencia en relación a la calidad de la pata o el rendimiento, en comparación con materiales como el heno, la corteza de pino y las astillas de madera, siempre y cuando el tamaño de partícula sea menor de 2,5 cm. Asimismo, el tamaño de partícula también ha sido probado como un factor que contribuye al desarrollo de la pododermatitis (Hester *et al.*, 1997).

1.4.6.2. Humedad de la cama

Los factores como la densidad de ocupación, ventilación y diseño del bebedero, puede afectar la humedad de la cama. Estudios previos indican que la humedad de la cama es un factor significativo en la aparición de la pododermatitis. Martland, (1985) encontró que la cama húmeda puede ser el único factor resultante en la ulceración de los pies de pollos de engorda. Allain *et al.*, (2009) indican que la pododermatitis es más severa a medida que aumenta humedad de la cama, especialmente cuando la cama contiene alta humedad con excrementos fecales pegajosos.

1.4.6.3. Diseño y manejo del bebedero

El diseño del bebedero puede desempeñar un papel importante en la humedad de la cama y por lo tanto la incidencia sobre el desarrollo de la pododermatitis. Ekstrand *et al.*, (1997) encontraron que las parvadas criadas con pequeñas tazas del bebedero ha tenido una mayor prevalencia de pododermatitis que aquellos criados en bebederos de tetina o pezón.

1.4.6.4. Densidad de población

La densidad de población es un factor significativo en el rendimiento del pollo. Parvadas abastecidas con una densidad de población alta ($\leq 0.48 \text{ m}^2 \text{ ave}^{-1}$) tienen 10% más de lesiones en el corvejón y 20% más de lesiones en comparación con parvadas en una densidad de población inferior ($0,15 \text{ m}^2 \text{ ave}^{-1}$) (Sørensen *et al.*, 2000). Mientras, Bruce *et al.*, (1990), afirman que cuando la calidad de la cama se deteriora, el nivel de las lesiones del corvejón se duplica.

1.4.7. Estrategias para reducir el amoníaco de las granjas avícolas

Reducir los niveles de amoníaco al interior de las naves avícolas es una parte importante para el rendimiento de las mismas. La estrategia más apropiada es reducir la volatilización, para esto es importante reducir el pH de la cama y promover la formación de iones de amonio (NH_4^+) y reducir la cantidad de amoníaco volátil. Además, también es importante controlar la humedad, Ferguson *et al.*, (1998) confirmaron la relación entre la humedad de la cama alta y el incremento de la emisión de amoníaco, por lo tanto es importante mantener la cama seca; sin embargo, esto implica tener un buen manejo de los bebederos, un mejor sistema de ventilación, entre otras.

La profundidad o la densidad del material de cama también juegan un papel importante y ha dado resultados significativos en la reducción de amoníaco, Shao *et*

al., (2015) encontraron que a una altura de cama de 16 cm, la emisión de amoníaco se reduce a 18.67 ppm con respecto a una altura de 4 cm, la cual su emisión es de 22.75 ppm.

Las dietas proporcionadas a las aves también son importantes, ya que el nivel de la proteína cruda incluidas en las dietas son excesivas, de ahí que reducir la cantidad de proteína cruda en las dietas (Summers, 1993), disminuye la cantidad de N en las excretas y puede reducir los niveles de amoníaco en las naves, algunos aditivos pueden ser agregados a la dieta, como por ejemplo las zeolitas y la *Yucca schidigera* (Çabuk *et al.*, 2004), minerales orgánicos (Nollet *et al.*, 2007) entre otras. Estudios realizados en los últimos años mostraron que la utilización de la *Yucca Schidigera* en forma picada y seca, redujo significativamente la emisión de amoníaco en cama, de los 37 hasta 42 días de edad (Lazarevic *et al.*, 2014), además el uso de esta planta disminuyó la humedad de la cama y mejoró el índice de conversión alimenticia y la ganancia de peso (Sahoo *et al.*, 2015), debido a esto, los autores sugieren que ésta planta es un ingrediente funcional en las dietas para un programa de manejo del amoníaco y mejoramiento del bienestar animal.

Algunos productos comerciales de la *Yucca schidigera* se encuentran en el mercado con diferentes dosis y aplicaciones en las dietas de las aves, los más conocidos son Biopodwer®, De-Odorase® y MicroAid® entre otros. Bao *et al.*, (2007) mencionan que la suplementación de minerales orgánicos tales como Cu, Fe, Mn y Zn en la dieta de las aves en bajas cantidades pueden ayudar a disminuir la emisión de algunos contaminantes hacia el ambiente debido al bajo nivel de excreción del mineral, ya que éstos minerales en su forma orgánica tienen una gran biodisponibilidad y eficientizan la absorción de nutrientes, reemplazando los minerales inorgánicos los cuales son utilizados en las dietas tradicionales o

convencionales. Sunder *et al.*, (2013), menciona que el Zn y Mn en su forma orgánica y aplicada a las dietas de las aves de manera combinada, son suplementaciones que mejora la firmeza de los huesos y la respuesta inmune.

Los minerales orgánicos comerciales conocidos como Availa-Zn® y Availa-Mn® también han contribuido a reducir enfermedades como la pododermatitis, cuando estos son incluidos en la dieta de las aves a diferentes dosis, obteniendo patas sin lesiones del 75 hasta el 78 % (Van der Sluis, 2010).

Todas estas estrategias han funcionado en cierto grado para reducir la emisión de amoníaco y enfermedades como la pododermatitis en pollos de engorda; sin embargo, estos estudios se han desarrollado en diferentes regiones geográficas y climáticas, por lo mismo es importante conocerlas y tomarlas de referencia para desarrollar futuras investigaciones en México.

1.5 CONCLUSIONES

Es importante prestar atención a los problemas que genera el gas amoníaco, tanto en el aspecto productivo a través del bienestar de las aves; así como sus implicaciones en el medio ambiente. Realizar estudios en este sentido es muy importante para contribuir a resolver el problema de la volatilización del amoníaco con estrategias integrales con investigaciones *in situ*. En el caso de México, es importante estimar la cantidad de amoníaco que emiten las granjas avícolas y generar índices regionales y nacionales. Así posteriormente proponer y emprender estrategias para reducir los niveles de amoníaco; también es importante diagnosticar el nivel de daños que ocasiona a la salud de las aves, pérdidas económicas a las empresas, costos ambientales que generan los altos niveles de amoníaco y otra más importante como la salud humana.

1.6. LITERATURA CITADA

- Allain, V., L. Mirabito, C. Arnould, M. Colas, S. Le Bouquin, C. Lupo, and V. Michel. 2009. Skin lesions in broiler chickens measured at the slaughterhouse: Relationships between lesions and between their prevalence and rearing factors. *British Poultry Science* 50:407–417.
- Arellano, P. G. 2014. Conservación y calidad de la yacija en naves de pollos. Informe Veterinario albéitar. Portal veterinario. Consultado (27/11/2014) <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/13540/articulos-aves/conservación-y-calidad-de-la-yacija-en-aves-de-pollo.html>
- Bao, Y. M., M. Choct, P. A. Iji and K. Bruerton. 2007. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *Journal Applied Poultry Research* 16: 448–455.
- Beker, A., S. L. Vanhooser, J. H. Swartzlander, and R. G. Teeter. 2004. Atmospheric ammonia concentration effects on broiler growth and performance. *Journal Applied Poultry Research* 13: 5- 9.
- Bilgili, S. F., J. B. Hess, J. P. Blake, K. S. Macklin, B. Saenmahayak, and J. L. Sibley. 2009. Influence of bedding material on footpad dermatitis in broiler chickens. *Journal Applied Poultry Research* 18: 583–589.
- Bjerg, B., T. Norton, T. Bnahazi, G. Zhang, T. Bartzanas, P. Liberati, G. Cascone, I. Lee B., and A. Marucci. 2013. Modelling of ammonia emissions from naturally ventilated livestock buildings. Part 1. Ammonia release modelling. *Biosystems Enginerring* 116 (3): 232-245.
- Bokkers, E. A. M., I. J. M. Boer, and P. Koene. 2011. Space need of broilers. *Animal welfare* 20(4): 623-632.

- Bruce, D. W., S. G. McIlroy, and E. A. Goodall. 1990. Epidemiology of a contact dermatitis of broilers. *Avian Pathology* 19:523–537.
- Çabuk, M., A. Alçiçek, M. Bozkurt, and S. Akkan. 2004. Effect of *Yucca schidigera* and natural zeolite on broiler performance. *International Journal Poultry Science* 3: 651–654.
- Constable, M., M. Charlton, F. Jensen, R. G. Craig, and W. K. Taylor. 2003. An ecological risk assessment of ammonia in the aquatic environment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 9(2): 527-548.
- Dawkins, M. S., C. A. Donnelly and T. A. Jones. 2004. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature International Weekly Journal Of Science* 427: 342-344.
- Donald J. 1997. Tendencias en el control ambiental en galpones avícolas. *Revista Industria Avícola* 44(6): 10-17.
- Ekstrand, C., B. Algers, and J. Svedberg. 1997. Rearing conditions and foot-pad dermatitis in Swedish broiler chickens. *Preventive Veterinary Medicine* 31:167–174.
- Ferguson, N. S., R. S. Gates, J. L. Taraba, A. H. Cantor, A. J. Pescatore, M. L. Straw, M. J. Ford, and D. J. Burnham. 1998. The effect of dietary protein and phosphorus on ammonia concentration and litter composition in broilers. *Poultry Science* 77:1085-1093.
- Garcês, A., S. M. Afonso, A. Chilundo, and C. T. Jairoce. 2013. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 1. Litter characteristics and quality. *Journal Applied Poultry Research* 22: 168–176.

- Greene, J. A., R. M. Mccracken, and R. T. Evans. 1985. A contact dermatitis of broilers-clinical and pathological findings. *Avian Pathology* 14: 23–38.
- Grimes, J. L., J. Smith, and C. M. Williams. 2002. Some alternative litter materials used for growing broilers and turkeys. *World's Poultry Science Journal* 58: 515–526.
- Groot, K. P. 1994. Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. *Journal of Agricultural Engineering Research* 59: 73-87.
- Hester, P. Y., D. L. Cassens, and T. A. Bryan. 1997. The applicability of particleboard residue as a litter material for male turkeys. *Poultry Science* 76: 248–255.
- Jodas, S., y H. M. Hafez. 2001. Manejo de la cama y enfermedades relacionadas de los pavos. *Revista Avicultura Profesional* 19(5): 17-21.
- Lazarevic, M., R. Resanovic, I. Vucicevic, A. Kpcher, and C. A. Moran. 2014. Effect of feeding a comercial ammonia binding product De-Odorase on broiler chicken performance. *Journal of Applied Animal Nutrition* 2 (8): 1-6.
- Martland, M. F. 1985. Ulcerative dermatitis in broiler chickens: The effects of wet litter. *Avian Pathology* 14: 353–364.
- Meluzzi, A., C. Fabbri, E. Folegatti, and F. Sirri. 2008. Survey of chicken rearing conditions in Italy: Effects of litter quality and stocking density on productivity, foot dermatitis and carcass injuries. *British Poultry Science* 49: 257-264.
- Miles, D. M., D. E. Rowe, and T. C. Cathcart. 2011. High litter moisture content suppresses litter ammonia volatilization. *Poultry Science* 90: 1397-1405
- Miles, D. M., W. W. Miller, S. L. Branton, W. R. Maslin, and B. D. Lott. 2006. Ocular responses to Ammonia in Broiler Chickens. *Avian Diseases* 50 (1): 45-49.

- Miles, D. M., S. L. Branton, and B. D. Lott. 2004. Atmospheric Ammonia is detrimental to the performance of modern commercial Broilers. *Poultry Science* 83:1650-1654.
- Nollet, L., J. D. Van der Flis, M. Lensing, and P. Spring. 2007. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. *Journal Applied Poultry Research* 16: 592–597.
- Pacheco, A. J., M. R. Sauri y A. S. Cabrera. 1997. Impacto de la Porcicultura en el Medio Ambiente. *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de Yucatán* 1 (3): 53-58.
- Patterson, P., and H. Adrizal. 2005. Management strategies to reduce air emissions: Emphasis-dust and ammonia. *Journal of Applied Poultry Research* 14(3): 638- 650.
- Quintana J. 1999. Avitecnia: Manejo de las aves domésticas más comunes. 3ª ed. México: Ed Trillas. 384 p.
- Ritz, C. V., B. Fairchild, and M. Lacy. 2004. Implications of Ammonia Production and Emissions from Commercial Poultry Facilities: A Review. *Journal Applied Poultry Research* 13: 684-692.
- Roney, N., F. Llanos, S. Little, and D. B. Knaebel. 2004. Toxicological Profile of Ammonia. U.S. Department of Health and Human Services, pp. 1-269.
- Rostagno, H.S., L. F. T. Albino y J. L. Donzele. 2011. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 3ª ed. UFV/DZO, pp 252.
- Sainsbury D. 2000. Poultry health and management-chickens, turkeys, ducks, geese, and quail. 4th ed. Oxford, UK: Blackwell Scientific. 204 p.

- SAGARPA.2009.Situación actual y perspectiva de la producción de carne de pollo en México. SAGARPA.
- Sahoo, S. P., D. Kaur, A. P. Sethi, A. Sharma, and M. Chandra. 2015. Evaluation of *Yucca schidigera* extract as feed additive on performance of broiler chicks in winter season. *Veterinary World* 8 (4): 556–559.
- Sirri, F., G. Minelli, E. Folegatti, S. Lolli, and A. Meluzzi. 2007. Foot dermatitis and productive traits in broiler chickens kept with different stocking densities, litter types and light regimen. *Italian Journal Animal Science* 6: 734–736.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R. B. Alley, T. Berntsen, N. L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J. M. Gregory, G. C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B. J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T. F. Stocker, P. Whetton, R. A. Wood, and D. Wratt, 2007: Technical Summary. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*
- Sunder, G. S., Ch. V. Kumar, A. K. Panda, M. V. L. N. Raju, and S. V. R. Rao. 2013. Effect of supplemental organic Zn and Mn on broiler performance, bone measures, tissue mineral uptake and immune response at 35 days of age. *Research in Poultry Science* 3 (1): 1-11.
- Shao D., J. He, J. Lu, Q. Wang, L. Chang, R. S. Shi, and H. T. Bing. 2015. Effects of sawdust thickness on the growth performance, environmental condition and welfare quality of yellow broilers. *Journal Poultry Science* 94: 1-6.
- Sørensen, P., G. Su, and S. C. Kestin. 2000. Effects of age and stocking density on leg weakness in broiler chickens. *Poultry Science* 79: 864–870.

- Summers, J. D. 1993. Reducing nitrogen excretion of the laying hen by feeding lower crude protein diets. *Poultry Science* 72: 1473–1478.
- Taira, K., T. Nagai, T. Obi, and K. Takase. 2014. Effect of litter moisture on the development of footpad dermatitis in broiler chickens. *Journal of Veterinary Medical Science* 76: 583–586.
- Unión Nacional de Avicultores (UNA): <http://una.org.mx/> consultado 27/11/14
- Van der Sluis, W. 2010. El complejo Zinc reduce las pododermatitis. *Revista Selecciones Avícolas* 52 (12): 18-20.
- Weaver, W. D., and R. Meuerhof. 1991. The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth and carcass quality for broiler chickens. *Poultry Science* 70: 746-755.
- Wyatt, R. 1985. La ventilación en los galpones. *Revista Avicultura Profesional* 3(2): 75-76.

CAPITULO II.

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE CAMA Y PROGRAMA DE SALUD PODAL EN LA EMISION DE AMONIACO EN POLLOS DE ENGORDA.

Cohuo-Colli, J.M.¹; Salinas-Ruíz J.¹; Hernández-Cázares, A.S.¹; Hidalgo-Contreras, J.V.¹, Brito-Damián V.² y Velasco-Velasco, J.¹

2.1 RESUMEN

Se evaluó el efecto de la densidad de cama, la adición de minerales orgánicos (Availa-Zn y Mn) y el extracto de *Yucca schidigera* (MicroAid) sobre la emisión de amoníaco en pollos de engorda. Se establecieron cuatro Tratamientos: 1) programa tradicional de engorda con densidad de cama de 1 kg m⁻² de cascarilla de arroz, 2) el Tratamiento 1 más un incremento de la densidad de cama de 1 a 2 kg m⁻² de cascarilla de arroz, 3) programa tradicional de engorda con un programa de salud podal (40 ppm de Availa-Zn, 40 ppm de Availa-Mn y 125 ppm de MicroAid) durante el ciclo de engorda con densidad de cama de 1 kg m⁻² de cascarilla de arroz, y 4) el Tratamiento 3 más un incremento de densidad de cama de 1 a 2 kg m⁻² de cascarilla de arroz. Se usaron pollos de la línea Ross y se evaluó semanalmente durante el periodo de engorda, la emisión de amoníaco en cama y a la altura de pico (ppm), humedad de cama (%), humedad relativa (%), pH, temperatura de cama (°C), temperatura ambiental (°C). Los resultados de emisión de amoníaco en cama mostraron diferencia significativa entre tratamientos ($p \leq 0.0001$); los tratamientos con densidad de cama de 2 kg m⁻² más el uso de minerales orgánicos y MicroAid adicionados en forma separada y combinada, fueron estadísticamente diferentes al Tratamiento 1 disminuyendo la emisión de amoníaco en cama hasta un 36%.

Palabras clave: emisión de amoníaco, pollos de engorda, minerales orgánicos, MicroAid, densidad de cama.

EFFECT OF LITTER DENSITY AND FOOT HEALTH PROGRAM ON AMMONIA EMISSIONS IN BROILER CHICKENS

Cohuo-Colli, J.M.¹; Salinas-Ruíz J.¹; Hernández-Cázares, A.S.¹; Hidalgo-Contreras, J.V.¹, Brito-Damián V.² y Velasco-Velasco, J.¹

2.2 SUMMARY

The effect of litter density, addition of organic minerals (Availa-Zn® and Mn®) and Yucca schidigera extract (MicroAid®) on ammonia emissions in broiler chickens was evaluated. Four treatments were established: 1) traditional fattening program with a litter density of 1 kg m⁻² of rice hulls, 2) Treatment 1 with a litter density of 2 kg m⁻² of rice hulls, 3) traditional fattening program with a foot health program (40 ppm of Availa-Zn®, 40 ppm of Mn® and 125 ppm of MicroAid®) during the fattening cycle with a litter density of 1 kg m⁻² of rice hulls, and 4) Treatment 3 with a litter density of 2 kg m⁻² of rice hulls. Ross-line chickens were used. Ammonia emissions from litter and at peak height (ppm), litter moisture (%), relative humidity (%), pH, litter temperature (°C) and ambient temperature (°C) were measured weekly during the fattening period. The results of ammonia emissions from litter showed significant differences among treatments ($p \leq 0.0001$); treatments with a litter density of 2 kg m⁻² plus the use of organic minerals and MicroAid® added separately and in combination were statistically different to Treatment 1 (traditional program), reducing ammonia emissions from litter by up to 36 %.

Keywords: ammonia emission, broiler, organic minerals, MicroAid, litter density

2.3 INTRODUCCIÓN

En México, la industria avícola en los últimos años ha tenido un crecimiento del 3 % en la producción de pollo de engorda para carne, debido a una demanda creciente y una alta preferencia de la población por los productos avícolas. El consumo de carne de pollo para el 2014 fue de 25.6 kg per cápita, generando un millón 154 mil empleos de los cuales 192 mil fueron directos y 962 mil indirectos (UNA, 2014). Colocando a la industria avícola como una de las actividades más importantes en el país dentro del ámbito agroalimentario por su impacto económico.

El crecimiento de la producción de carne de pollo, por la demanda, ha traído consigo grandes avances y cambios en la producción de aves tales como: niveles altos de tecnificación del sistema de producción, naves más grandes para mayor densidad de aves por metro cuadrado, tipo y densidad de cama, mejoramiento genético e innovación en la nutrición avícola para obtener mayor peso vivo en periodos cortos de engorda (Donald, 1997). Sin embargo, los factores antes mencionados, involucrados en el crecimiento de la producción avícola han contribuido al aumento de la emisión de gases generados al interior de las naves por la deposición de excretas, siendo el amoniaco uno de los gases más importantes (Quintana, 1999; Sainsbury, 2000).

El amoniaco es un gas altamente irritante, incoloro, su emisión al interior de las naves ha sido relacionado con factores ambientales como la temperatura, humedad, pH y la dieta proporcionada (Al homidan *et al.*, 2003; Ritz *et al.*, 2004); además de la calidad de cama, densidad de aves por metro cuadrado, sistemas de ventilación, entre otros (Gates *et al.*, 2005; Menegali *et al.*, 2012). Las emisiones de amoniaco pueden afectar la salud del ave cuando se exponen a altas concentraciones, se pueden generar enfermedades como la uveítis y la queratoconjuntivitis; así como problemas respiratorios, daños patológicos e

infecciones severas que puede provocar la muerte y por consiguiente pérdidas económicas considerables (Jodas y Hafez, 2001; Miles *et al.*, 2006). El amoníaco también afecta la salud humana a través de la generación de olores desagradables y su repercusión en problemas respiratorios principalmente a personas relacionadas directamente con la actividad avícola. (Pacheco *et al.*, 1997).

La emisión de amoníaco conlleva también algunos problemas ambientales tales como la eutrofización y acidificación en cuerpos de agua cercanos a las granjas avícolas (UNFCCC, 1997), se altera el pH de los suelos y contribuye a la destrucción de la capa de ozono por la producción de óxido nitroso (Pacheco *et al.*, 1997). Por estas razones es importante encontrar estrategias que mitiguen la emisión de amoníaco de las granjas avícolas y de esta forma aminorar los problemas ambientales ocasionados por este gas. En México hay una limitada investigación científica sobre la estimación de emisiones de amoníaco en explotaciones avícolas. Una estrategia que se ha utilizado en otros países para reducir las emisiones de amoníaco es la utilización de complementos en la alimentación del ave, como el extracto de *Yucca schidigera* que ha tenido un efecto significativo en la reducción de emisión de amoníaco (Ayasan *et al.*, 2005; Almuhanha *et al.*, 2011); también la inclusión de minerales orgánicos mejoran la absorción de nutrientes, ayudan la síntesis de la proteína y por lo tanto la excreción de nitrógeno es menor, (Zhu *et al.*, 1998; Nollet *et al.*, 2008). Por otro lado, el material de la cama debe ser un buen absorbente de humedad, factor que ha sido relacionado directamente con la emisión de amoníaco (Bilgili *et al.*, 2009). Se han probado varios tipos de materiales de acuerdo a la región, los costos y la disponibilidad de los mismos. Los más comunes son la viruta de pino, aserrín, cascarilla de arroz y la cáscara de cacahuete.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la densidad de cama, minerales orgánicos (Availa-Zn y Availa-Mn) con un extracto de *Yucca schidigera* (MicroAid) como complementos a un programa tradicional de engorda de pollos sobre la emisión de amoniaco en la región de las Altas Montañas del centro de Veracruz.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó entre los meses de febrero-abril del 2015 en dos granjas comerciales de la región, ubicadas en los municipios de Chocaman y Mariano Escobedo del estado de Veracruz con coordenadas 19°01' LN - 97°02' LO, 18°55'LN y 97°08'LO y altitudes de 1360 y 1520 msnm; respectivamente. El clima predominante de ésta región es el templado subhúmedo con lluvias en verano con una precipitación promedio anual de 1722 mm.

En este experimento se utilizó una densidad de 23 pollos m⁻² de la línea Ross de un día de edad en proporción machos: hembras de 9:1, los cuales se distribuyeron aleatoriamente en casetas. El programa tradicional se aplicó según lo establecido por la granja avícola en tres fases: 1) iniciación (0-18 días), 2) crecimiento (19-35 días) y 3) finalización (36-50 días) y la utilización de cascarilla de arroz como material de cama a razón de 1 kg m⁻². Se estableció un programa de salud podal que consistió en la adición de 40 ppm de Availa-Zn ,40 ppm de Availa-Mn y 125 ppm de MicroAid (extracto de *Yucca schidigera*) a la dieta de engorda desde la iniciación hasta la finalización del pollo durante el periodo de engorda.

Así, el Tratamiento 1 consistió en la aplicación del programa tradicional de engorda de la granja avícola con una densidad de cama de 1 kg m⁻² de cascarilla de arroz (PT1), el Tratamiento 2 consistió en el programa tradicional de engorda de la granja con una densidad de cama de 2 kg m⁻² de cascarilla de arroz (PT2), el Tratamiento 3 consistió en el programa tradicional de engorda más la implementación de un

programa de salud podal con una densidad de cama de 1 kg m⁻² de cascarilla de arroz (PT1+PSP), y el Tratamiento 4 consistió en el programa tradicional de engorda más la implementación de un programa de salud podal con densidad de cama de 2 kg m⁻² de cascarilla de arroz (PT2+PSP).

Cuadro 2. Características de cada uno de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Días de edad			Densidad de cascarilla de arroz
	0-18 Dieta iniciación	19-35 Dieta crecimiento	36-50 Dieta finalización	
PT1	Programa tradicional			1 kg m ⁻²
PT2	Programa tradicional			2 kg m ⁻²
PT1+PSP	Programa tradicional + programa de salud podal			1 kg m ⁻²
PT2+PSP	Programa tradicional + programa de salud podal			2 kg m ⁻²

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques completos al azar con medidas repetidas bajo el siguiente modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + loc_j + \tau_i + \tau * caseta(loc)_{ik(j)} + periodo_l + (\tau * periodo)_{il} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$i = 1, \dots, 4; j = 1, 2; k = 1, 2, 3; l = 1, 2, \dots, 7$$

Donde y_{ijkl} es la emisión de amoníaco en ppm, μ es la media general, loc_j es el efecto aleatorio de la localidad asumiendo $loc_j \sim N(0, \sigma_{loc}^2)$, τ_i es el efecto del tratamiento, $\tau * caseta(loc)_{ik(j)}$ es el efecto aleatorio de la interacción entre tratamiento y caseta dentro de localidad asumiendo $\tau * caseta(loc)_{ik(j)} \sim N(0, \sigma_{\tau * caseta(loc)}^2)$, $periodo_l$ es el efecto del periodo de engorde de los pollos, $(\tau * periodo)_{il}$ es el efecto de la interacción entre el tratamiento y el periodo de engorde, y ε_{ijkl} es el error experimental con $\varepsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2)$.

Variables evaluadas

Las siguientes variables se evaluaron a los días 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42 y 49 del periodo de engorda para cada tratamiento. La emisión de amoníaco (ppm) se midió a nivel de la cama y a la altura del pico del pollo en intervalos de 2 horas con un detector de gas marca Dräger modelo Xam-5000 (Schirk, 2006; Çabuk *et al.*, 2004).

La concentración de amoníaco durante periodo de engorda se estimó para cada uno de los tratamientos. Ésta estimación se realizó determinando el área bajo la curva de un polinomio de tercer grado ajustado con los datos de emisión de amoníaco durante el periodo de engorda.

La humedad de cama (%) se determinó en una muestra compuesta de material de cama colectada en forma de zig-zag en toda la caseta, según el método establecido por Onbaşilar *et al.*, (2013) y Taira *et al.*, (2014), y se calculó utilizando el método gravimétrico. El pH se determinó en una muestra de 10 g homogenizada con 100 ml de agua destilada usando un potenciómetro, modelo ECO Testr pH2 OAKTO.

La temperatura de cama (°C) se determinó mediante un termómetro modelo TAYLOR 9847N, la temperatura ambiental (°C) y humedad relativa (%) se determinaron utilizando un datalogger Thermo-Hygrometer TFA Dostmann 30.5000.02.

Análisis estadístico

Las variables emisión de amoníaco en cama (ppm), concentración amoníaco a la altura del pico del pollo (ppm), pH, porcentaje de humedad en cama, temperatura de cama (°C), humedad relativa (%) y temperatura ambiental (°C) fueron analizados con el diseño experimental antes mencionado usando el procedimiento mixto (Proc Mixed) de SAS (Statistical Analysis System, versión 9.2). Se utilizó una estructura de covarianza de simetría compuesta (Compound Symetry; Wang and

Goonewardene 2004), y los grados de libertad para las pruebas F fueron estimadas usando el ajuste de Kenward-Rogers.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emisión de amoniaco en cama

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.0001$) en la emisión promedio de amoniaco entre tratamientos. La emisión promedio de amoniaco en cama en el tratamiento PT1, el cual consiste en el programa tradicional fue estadísticamente diferente al resto de los tratamientos (Figura 1). El tratamiento PT2 en el que se utilizó el programa tradicional de engorda con 2 kg m⁻² de densidad de cama de cascarilla de arroz no mostró diferencia estadística al tratamiento PT1+PSP en donde se utilizó el programa de salud podal y densidad de cama de 1 kg m⁻² de cascarilla de arroz; no obstante, los tratamientos PT2 y PT1+PSP mostraron diferencia estadística significativa respecto al tratamiento PT2+PSP en el cual se combinó el programa de salud podal con densidad de cama de 2 kg m⁻².

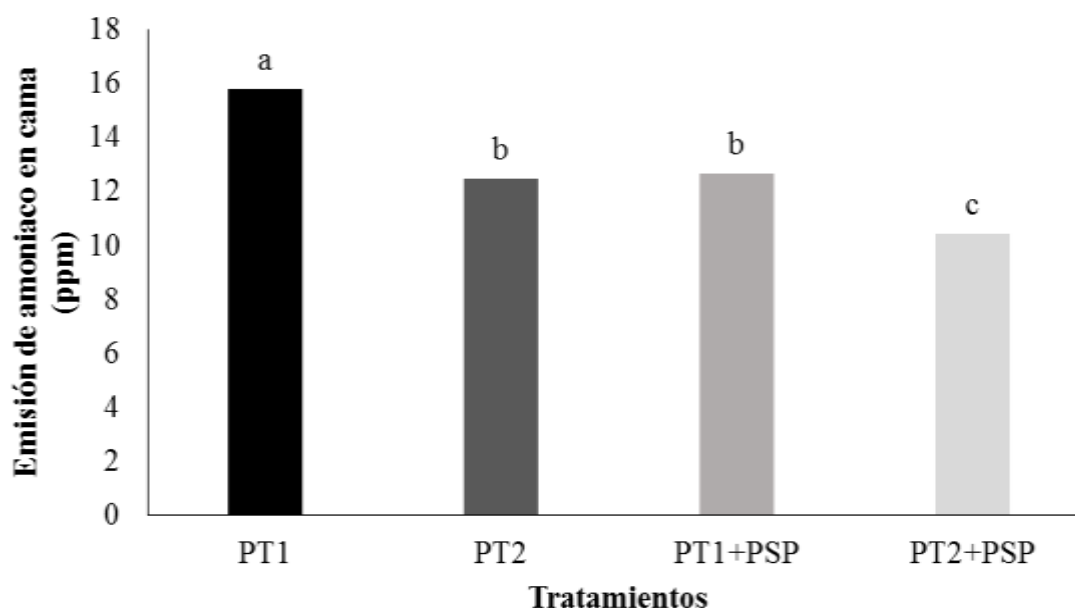


Figura 4. Emisión de amoniaco en cama de pollos de engorda de dos granjas comerciales en el Estado de Veracruz.

PT1=Programa tradicional de engorda con densidad de cama 1 kg m⁻²; **PT2**= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama; **PT1+PSP**= Programa tradicional (1 kg m⁻² de densidad de cama) más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); **PT2+PSP**= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); *Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí.

Al incrementar la densidad de cama de 1 a 2 kg m⁻², se observó que la emisión de amoniaco disminuyó en 21 % con respecto al PT1 (Figura 1 y Cuadro 1). Esta disminución en la emisión de amoniaco probablemente se debió a diversos factores tales como: contenido de humedad de cama, contenido de carbono de los tratamientos con 2 kg m⁻² de densidad de cama, temperatura de cama y ambiental, pH y ventilación. Respecto a la humedad de cama no se observaron diferencias significativas entre tratamientos y por lo cual no hay una tendencia clara en el presente experimento (Figura 4). No obstante se encontró que el tratamiento PT2 donde únicamente se incrementó la densidad de cama a 2 kg m² mostró 39.8 % de humedad comparado con 35.5 % del tratamiento testigo PT.

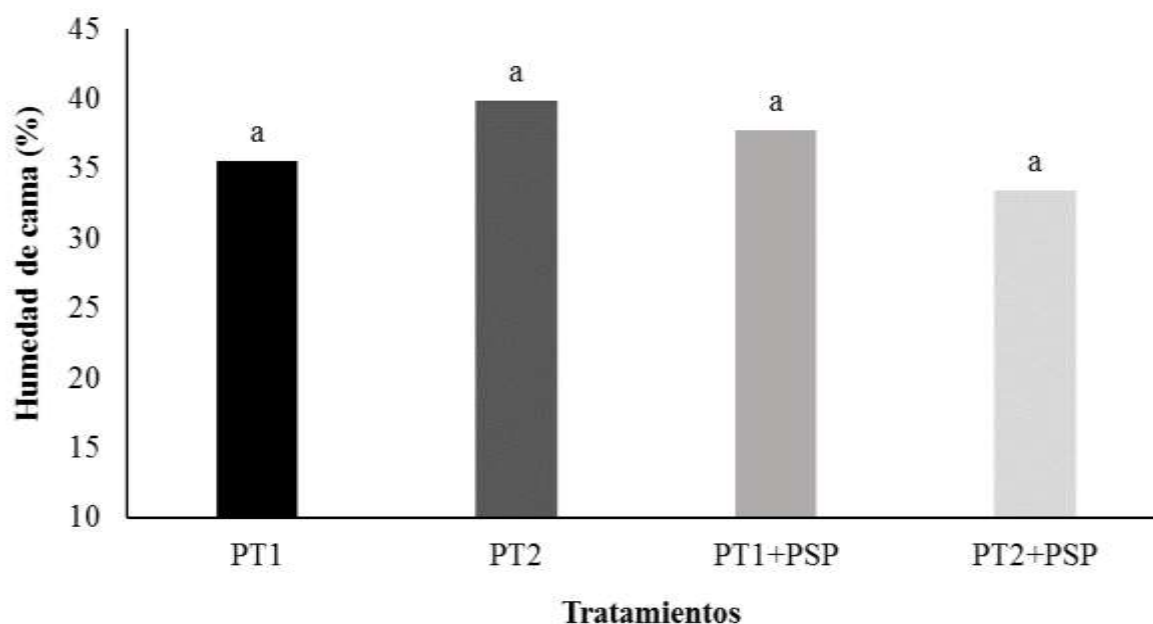


Figura 5. Porcentaje de la humedad de cama en pollos de engorda de dos granjas comerciales del estado de Veracruz.

PT1=Programa tradicional de engorda con densidad de cama 1 kg m⁻²; **PT2**= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama; **PT1+PSP**= Programa tradicional (1 kg m⁻² de densidad de cama) más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); **PT2+PSP**= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); *Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí.

Es conocido que la cantidad de nitrógeno en las excretas puede potencialmente aumentar las emisiones de amoníaco si el contenido de humedad de la cama es menor como sucede en el PT1 (Liu *et al.*, 2007). Por otra parte, Miles *et al.* (2011) mostraron que en un rango de humedad de 37.4 a 51.15 % la emisión de amoníaco se reduce a medida que incrementa la humedad. En referencia al incremento en el contenido de carbono a través de los tratamientos con el doble de densidad de cama se menciona que la alta concentración de lignina presente en la cascarilla de arroz reduce el crecimiento bacteriano y así la formación de amoníaco (Duqueza, 1996). Al respecto, la temperatura de cama y pH tampoco mostraron diferencias estadísticas significativas en este experimento (Figuras 6 y 7); sin embargo, el incremento de estos dos factores favorecen el crecimiento bacteriano específicos

de la descomposición del ácido úrico presente en la excretas e incrementa la emisión de amoniaco (Calvet *et al.*, 2011; Brauer-Vigoderis *et al.*, 2014).

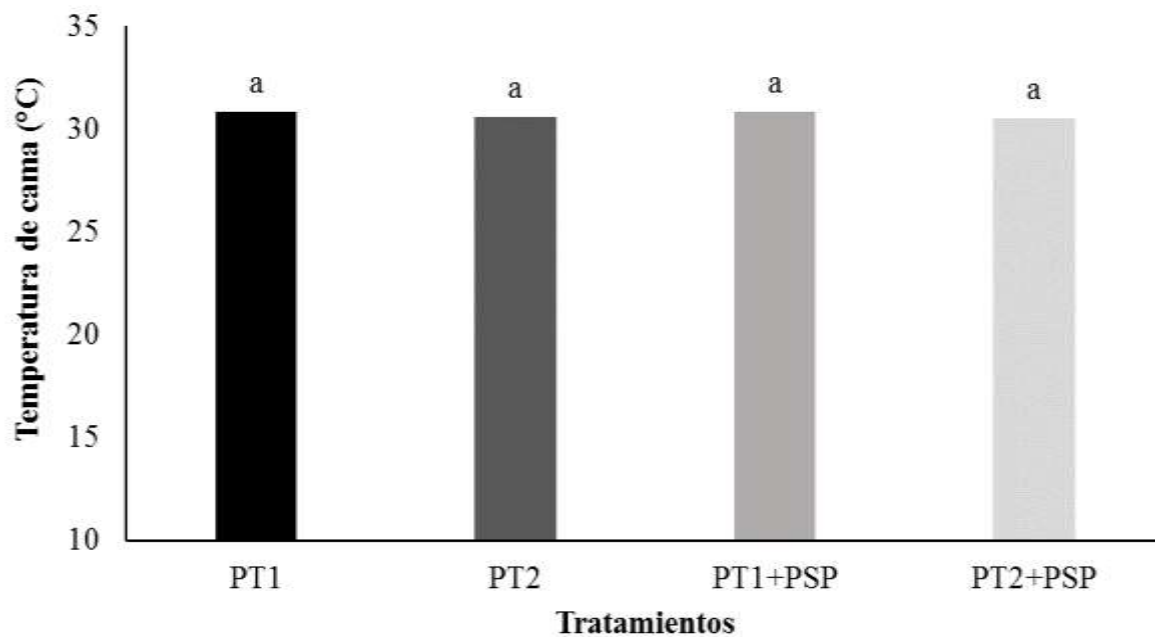


Figura 6. Temperatura de cama en pollos de engorda en dos granjas comerciales del estado de Veracruz.

PT1=Programa tradicional de engorda con densidad de cama 1 kg m⁻²; **PT2**= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama; **PT1+PSP**= Programa tradicional (1 kg m⁻² de densidad de cama) más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); **PT2+PSP**= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); *Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí.

Los valores de pH en éste estudio oscilaron entre 7.75 y 8.10 (Cuadro 1). Probablemente esto limitó el crecimiento bacteriano en la cama al usar una densidad de 2 kg m⁻² de cascarilla de arroz. Por otra parte, Garcês *et al.*, (2013) observaron que a un pH de 8.5 en camas de cascarilla de arroz al final del ciclo de engorda, la emisión de amoniaco se redujo en comparación con otros materiales como arena, pasto y olote de maíz.

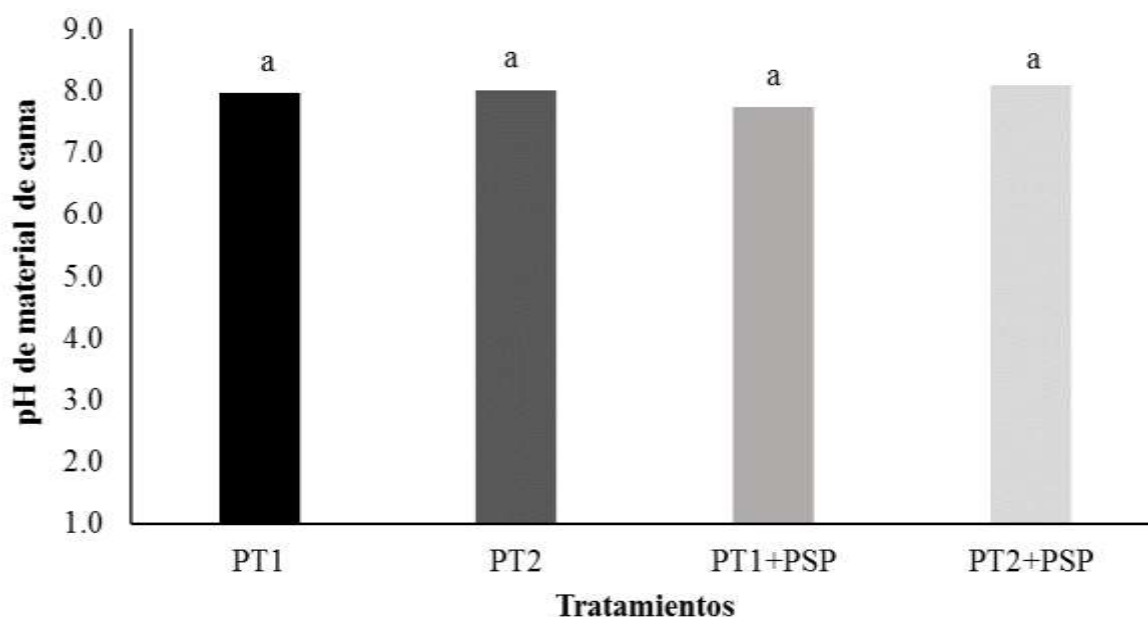


Figura 7. pH de material de cama en pollos de engorda en dos granjas comerciales del estado de Veracruz.

PT1=Programa tradicional de engorda con densidad de cama 1 kg m⁻²; **PT2**= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama; **PT1+PSP**= Programa tradicional (1 kg m⁻² de densidad de cama) más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); **PT2+PSP**= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); *Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí.

Por su parte, Shao (2015) reportó que a mayor densidad de cama (16 cm de altura) menor contenido de humedad en la cama, lo cual ocasiona una disminución de las emisiones de amoníaco hasta un 28% comparado con densidades de camas menores (4 cm de altura). Por lo tanto, la densidad de cama en una explotación avícola es esencial para reducir la emisión de amoníaco y partículas suspendidas en el ambiente, factores que afectan la salud del animal (Andersen *et al.*, 2004).

Algunos factores como la humedad relativa y la temperatura ambiental están relacionados principalmente con el confort y la calidad del ambiente que se les otorga a las aves, pero también tienen importancia en la emisión de amoníaco. En este estudio la humedad relativa mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$) (Cuadro 1). Para el caso de la humedad relativa se encontró diferencias estadísticas entre el tratamiento PT2 y los tratamientos PT1+PSP y

PT2+PSP, sin embargo es estadísticamente igual al tratamiento PT1. Para este estudio los niveles de humedad relativa se mantuvieron dentro de los límites recomendados. Czarick y Fairchild (2012) mencionan que la humedad relativa de 60 % o menos indica una buena calidad del aire para el desarrollo de los pollos de engorda, por otra parte valores arriba del 70% indican una mala calidad del aire aunque esto no garantiza que los niveles de amoniaco se encuentren dentro de los límites adecuados, ya que pueden estar dentro de niveles perjudiciales incluso si la humedad relativa se encuentra por debajo del 60 %. Por otra parte, Weaver y Meijerhof (1991) mencionan que el incremento de los niveles de humedad relativa tiende a aumentar la humedad de la cama y por lo tanto incrementa los niveles de amoniaco en cama, pero también reduce la cantidad de materia seca y la cantidad de nitrógeno en la cama.

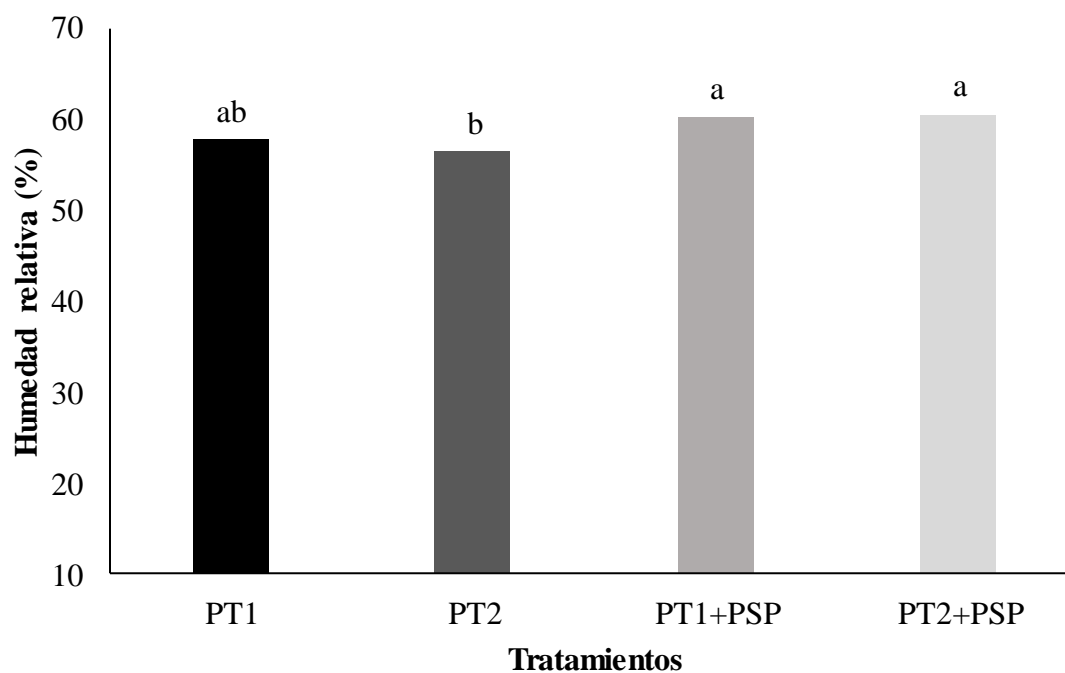


Figura 8. Porcentaje de humedad relativa en dos granjas comerciales de pollos de engorda en el estado de Veracruz.

PT1=Programa tradicional de engorda con densidad de cama 1 kg m⁻²; **PT2**= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama; **PT1+PSP**= Programa tradicional (1 kg m⁻² de densidad de cama) más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); **PT2+PSP**= Programa

tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); *Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí.

Por su parte, la temperatura ambiental también mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$). El programa tradicional (PT1) mostró diferencia estadística con el resto de los tratamientos implementados (Figura 9). Los valores de temperatura ambiental registrada se encontraron dentro de los límites recomendados que oscilan entre 26 y 34 °C (Quintana, 1991). La temperatura ambiental tiene importancia en el desarrollo de las aves ya que estas tienen la capacidad de mantener la temperatura de sus órganos internos en forma uniforme, sin embargo esto se logra si se tiene una temperatura ambiental adecuada, algunos autores mencionan que entre 30 y 32°C, las aves reducen el consumo de alimento, empiezan a sufrir estrés, provocando una tensión aguda y muerte (Mashlay *et al.*, 2004). Los cambios en la temperatura ambiental influye en cambios de alimentación, consumo de agua y en sus requerimientos metabólicos lo cual afecta el crecimiento y desarrollo de la aves y también favorece la proliferación de bacterias como la *Salmonella spp.* entre otras (Burkholder *et al.*, 2008). Nimmemark y Gustaffsson (2005) por su parte, mencionan que una alta temperatura ambiental junto con una alta humedad relativa tiene un gran impacto sobre el bienestar de las aves. Es importante mencionar que las condiciones ambientales dentro de la nave, como la humedad relativa y la temperatura ambiental así como la concentración de los gases, tienen mucha influencia la entrada y salida de aire a la nave, la época de crianza de las aves, el tipo de construcción de la nave, los sistemas de ventilación, el manejo de residuos, entre otras (Polat, 2015).

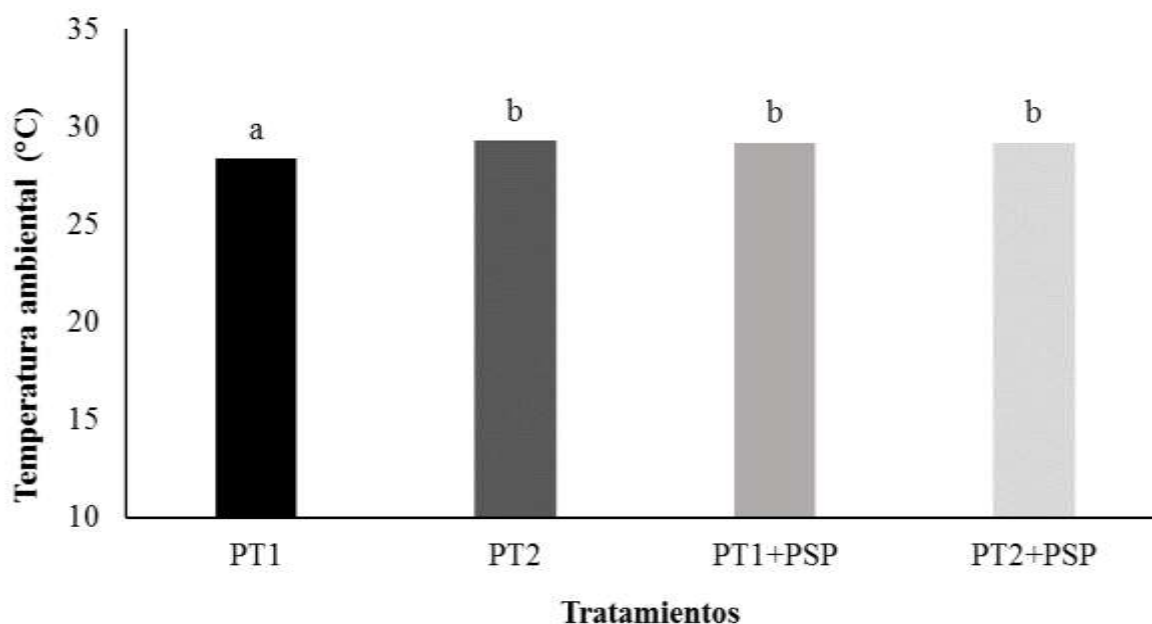


Figura 9. Temperatura ambiental (°C) de dos granjas comerciales de pollos de engorda del estado de Veracruz.

PT1=Programa tradicional de engorda con densidad de cama 1 kg m⁻²; **PT2**= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama; **PT1+PSP**= Programa tradicional (1 kg m⁻² de densidad de cama) más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); **PT2+PSP**= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); *Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí.

En cuanto al programa de salud podal implementado, se encontró que éstos tienen un efecto significativo en la disminución de la emisión de amoníaco hasta en un 20 %. Ésta disminución puede ser atribuido al efecto de la inclusión de los minerales orgánicos (Availa-Zn y Availa-Mn) y a la *Yucca schidigera* (MicroAid) a la dieta (Cuadro 2). Los compuestos que contiene la *Yucca schidigera*, conocidos como saponinas esteroidales, favorecen la digestibilidad del alimento en el ganado aviar (Alfaro *et al.*, 2007), porcino (Katsunuma *et al.*, 2000) y vacuno (Hristov *et al.*, 1999) y disminuyen la emisión de amoníaco de 12 a 30 % (Espinosa *et al.*, 2008). Aguirre (2008) por su parte también menciona que el extracto de *Yucca schidigera* combinado con el alimento o diluido en el agua de consumo de los animales de granja disminuyen la incidencia de enfermedades respiratorias, la emisión de amoníaco y otros gases tóxicos. Estos resultados sugieren que dicho complemento

adicionado a la dieta mejora la digestibilidad del alimento y la absorción de los nutrientes, y disminuye así el contenido de N en las excretas. Estudios realizados por Çabuk *et al.* (2004) y Amon *et al.*, (1997) encontraron que al agregar 120 y 165 g de extracto de *Yucca schidigera* por tonelada de alimento, la emisión de amoníaco en las granjas disminuyó significativamente en un rango de 16% hasta 50 % con respecto a aquellos tratamientos sin el extracto de *Yucca Schidigera*. Otras investigaciones realizadas por Roldan y Rodríguez (2013) sugieren que el extracto de *Yucca schidigera* también puede ser incluida en el agua de consumo para aves; estos investigadores encontraron que al agregar 50 ml de extracto de *Yucca schidigera* en 1000 litros de agua de manera permanente disminuyó significativamente las emisiones de amoníaco hasta en un 60 % a los 40 días del ciclo de engorda. Sin embargo, Onbaşilar *et al.*, (2013) reportaron que el extracto de *Yucca* diluido en agua (4 ml de *Yucca schidigera* con 96 ml de agua y 8 ml de *Yucca schidigera* con 92 ml de agua), aplicada sobre la cama no tiene un efecto significativo en la disminución de la emisión de amoníaco.

Los minerales orgánicos (40 ppm Availa-Zn, 40 ppm Availa-Mn) contenidos en los programas de salud podal I y II también tienen una función importante, Bao *et al.* (2010) menciona que el Zn orgánico es más eficiente en la absorción de nutrientes que el Zn inorgánico (incluido en dietas tradicionales) y mejora la digestibilidad de los alimentos, lo cual probablemente disminuyó el exceso de nutrientes en las excretas. Por otro lado Tizard (1992) menciona que el Zn y Mn en su forma orgánica tienen efectos importantes en la salud global de las aves y también actúan en la síntesis de la proteína. No obstante, éste estudio mostró que al usar 2 kg m⁻² de densidad de cama combinado con el programa de salud podal, los cuales contienen extracto de *Yucca schidigera* y minerales orgánicos (Availa-Zn y Availa-Mn), se

obtuvieron mejores resultados y contribuyeron a la disminución de la emisión de amoníaco en cama hasta en un 34 % comparado con un programa tradicional de engorda, lo que nos indica que tiene un efecto positivo en disminuir la emisión de amoníaco (Cuadro 1).

Con respecto a humedad de cama, temperatura de cama y pH no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) (Cuadro 1) lo que indica que el uso de cualquiera de los cuatro tratamientos no tienen efecto sobre estas variables.

Cuadro 3. Valores promedio de variables evaluadas durante el periodo de engorda de pollos de dos granjas comerciales en el estado de Veracruz

Variables	Tratamientos*				CME
	PT1	PT2	PT1+PSP	PT2+PSP	
NH ₃ C	15.79 ^a	12.47 ^b	12.64 ^b	10.43 ^c	21.93
NH ₃ A	6.15 ^a	4.52 ^{bc}	5.52 ^{ba}	3.35 ^c	11.51
HC	35.52 ^a	39.85 ^a	37.72 ^a	33.42 ^a	81.36
HR	57.74 ^{ba}	56.40 ^b	60.25 ^a	60.56 ^a	53.20
pH	7.96 ^a	8.01 ^a	7.75 ^a	8.1 ^a	0.292
TC	30.82 ^a	30.56 ^a	30.84 ^a	30.54 ^a	1.398
TA	28.40 ^b	29.28 ^a	29.20 ^a	29.20 ^a	1.933

PT1=Programa tradicional de engorda con densidad de cama 1 kg m⁻²; PT2= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama; PT1+PSP= Programa tradicional (1 kg m⁻² de densidad de cama) más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); PT2+PSP= Programa tradicional con 2 kg m⁻² de densidad de cama más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); *Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí.

Concentración de amoníaco a la altura de pico.

La concentración de amoníaco a la altura de pico mostró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.0006$) entre tratamientos (Cuadro 1). El tratamiento PT1 fue estadísticamente diferente a los tratamientos PT2 y PT2+PSP; sin embargo, el tratamiento tradicional con 1 kg m² de densidad de cama (PT1) fue estadísticamente igual al tratamiento PT1+PSP el cual consiste en el tratamiento

tradicional más el programa de salud podal. Para PT2 y PT1+PSP fueron estadísticamente iguales entre sí mientras que los tratamientos PT1+PSP y PT2+PSP fueron estadísticamente diferentes (Figura 2).

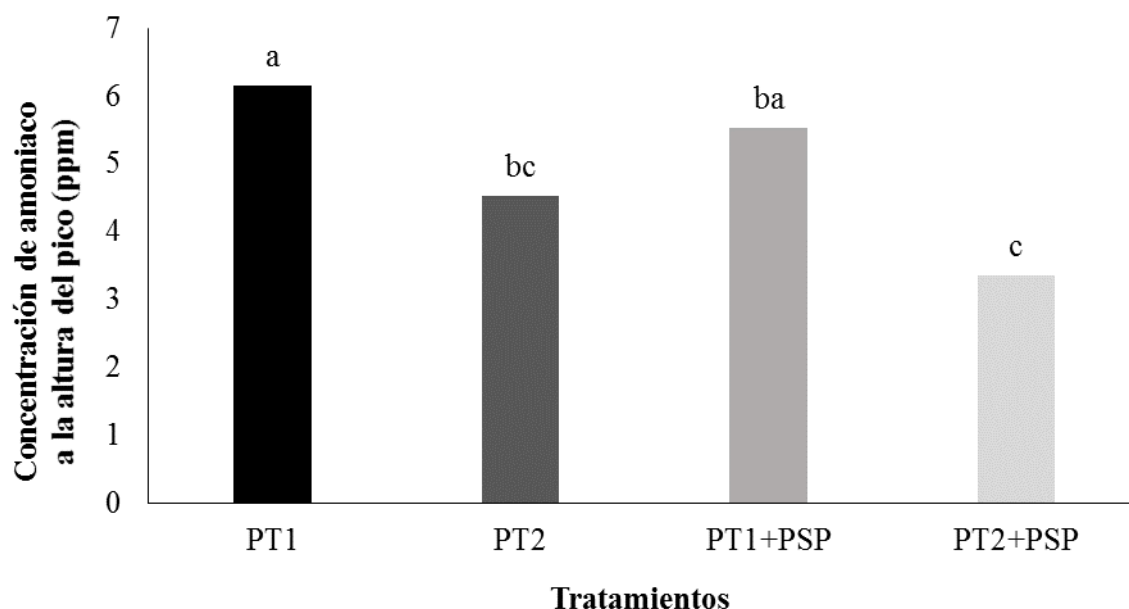


Figura 10. Valores promedio de la concentración de amoniaco a la altura del pico de pollos de engorda de dos granjas comerciales del estado de Veracruz.

PT1=Programa tradicional de engorda con densidad de cama 1 kg m^{-2} ; **PT2**= Programa tradicional con 2 kg m^{-2} de densidad de cama; **PT1+PSP**= Programa tradicional (1 kg m^{-2} de densidad de cama) más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); **PT2+PSP**= Programa tradicional con 2 kg m^{-2} de densidad de cama más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); *Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí.

La disminución en la concentración de amoniaco a la altura del pico, probablemente se debió a que las emisiones de amoniaco de la cama fueron menores, esto ocurrió cuando se usaron densidades de cama de 2 kg m^{-2} , aunque también es probable un efecto de los complementos incluidos en el programa de salud podal (extracto de *Yucca schidigera*, 40 Availa-Zn, 40 Availa-Mn). La concentración de amoniaco a la altura de pico disminuyó hasta 46 % con la implementación del programa de salud podal en comparación con el PT1. Es importante resaltar que la concentración de amoniaco en éste estudio no sobrepasó los 25 ppm, nivel en el que se empieza a detectar problemas en las aves, debido al manejo tradicional. No obstante es de

suma importancia poner atención en la concentración de amoniaco dentro de la nave, ya que cantidades superiores a 25 ppm de amoniaco en el ambiente causa estrés en el animal y afecta la ganancia de peso e incrementa la mortalidad de las aves por daños patológicos del tracto respiratorio, depresión respiratoria y anomalías oculares (Miles *et al.* 2006; Jodas y Hadez, 2011; Pizarro *et al.*, 2009).

Concentración total de amoniaco emitido

En la implementación de la densidad de cama de 2 kg m⁻² y el programa de salud podal mostraron un efecto positivo en reducir la emisión de amoniaco con respecto al programa tradicional con 1 kg m² (PT1). Esto se pudo constatar a través de la estimación del total de amoniaco emitido durante el ciclo de engorda (Figura 3). Cuando se incrementó únicamente la densidad de cama a 2 kg m⁻² con cascarilla de arroz, la emisión de amoniaco en todo el ciclo de engorda disminuyó en un 33%. También con la implementación del programa de salud podal, la emisión de amoniaco en todo el ciclo de producción disminuyó en 32 %; sin embargo, al combinar la densidad de cama de 2 kg m⁻² y el programa de salud podal, la emisión de amoniaco en todo el ciclo de engorda disminuyó hasta un 36 %. Con estos resultados se observó que la emisión de amoniaco se incrementó conforme avanzó el ciclo de engorda, y fue probablemente por la acumulación de excretas sobre la cama con un incremento del pH; lo cual propició mayor liberación de amoniaco (Wheeler *et al.*, 2006).

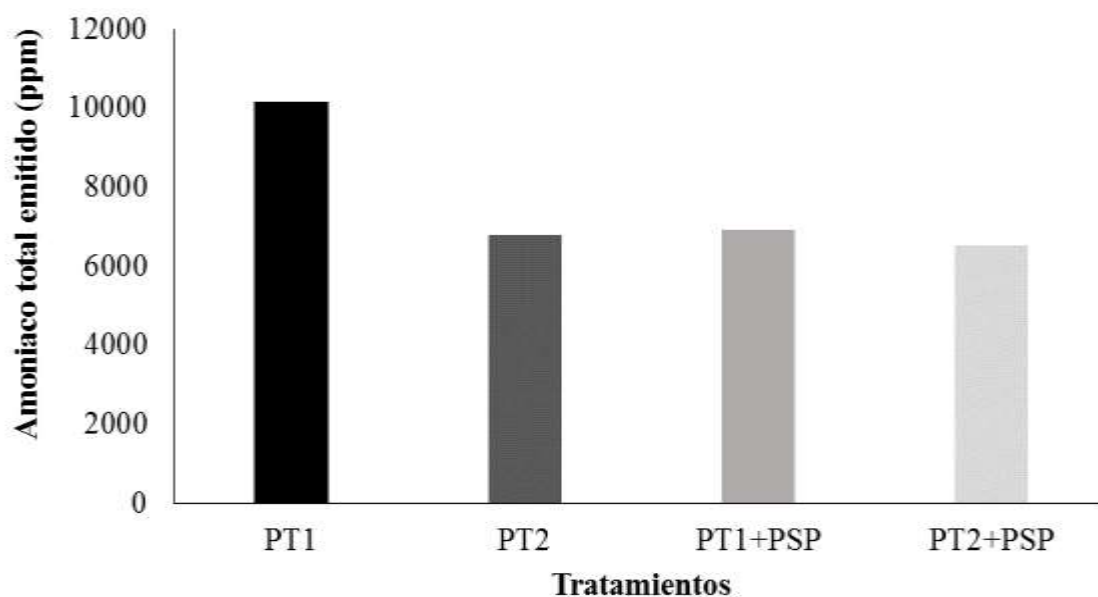


Figura 11. Emisión de amoníaco total de un ciclo de producción de pollos de engorda en dos granjas comerciales de la región central del estado de Veracruz.

PT1=Programa tradicional de engorda con densidad de cama 1 kg m^{-2} ; **PT2**= Programa tradicional con 2 kg m^{-2} de densidad de cama; **PT1+PSP**= Programa tradicional (1 kg m^{-2} de densidad de cama) más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); **PT2+PSP**= Programa tradicional con 2 kg m^{-2} de densidad de cama más Programa de Salud Podal (125 ppm, 40 ppm Availa-Zn, 40 Availa-Mn); *Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí

Pescatore (2005) encontró que aves de 10 días de edad, emiten 0.57 g amoníaco por ave, para aves de 30 a 42 días de edad las emisión de amoníaco diario es de 1.71 g por ave; sin embargo, la emisión de amoníaco alcanza valores de 2.34 g de ave diariamente a los 48 días de edad; por lo tanto, la emisión de amoníaco total alcanzó valores altos, resultados similares se observan cuando no se utiliza ningún producto para contrarrestar las emisiones. La concentración total de amoníaco en las instalaciones también depende de la densidad de aves por metro cuadrado, el tamaño de la nave y el tipo de instalación. Para instalaciones avícolas con túneles de ventilación han encontrado un total de 5 y 4 kg de amoníaco durante un ciclo de producción de aves (Lima *et al.*, 2015 y Harper *et al.*, 2010). Sin embargo, en este estudio la concentración total de amoníaco fue menor, probablemente se debió a las características de las instalaciones, ventanas abiertas con un sistema de

ventilación manual. Por otro parte la comparación en las emisiones de amoniaco es complicado cuando las condiciones ambientales, geográficas y el tipo de instalaciones son diferentes.

2.6 CONCLUSIONES

La densidad de cama de 2 kg m⁻² con cascarilla de arroz, el uso de minerales orgánicos (Zn y Mn) y adición de extracto de *Yucca schidigera* (MicroAid) de forma separada o en combinación mostraron efectos significativos para reducir la emisión de amoniaco en cama y a la altura de pico hasta un 36 % en la engorda de pollos de la región central de Veracruz. Esto significa que el uso de los productos antes mencionados podría ser una alternativa para la reducción de uno de los gases más importantes que se genera dentro de las granjas avícolas, por lo mismo, podría tener un impacto positivo sobre la salud de las aves, reduciendo la mortalidad de éstas, y por lo mismo la reducción de los costos económicos y ambientales que esto implica.

La emisión de amoniaco es causado por varios factores; sin embargo, la solución no puede basarse en una sola estrategia. El material y manejo de la cama son muy importantes, así como los sistemas de ventilación en las naves. Este trabajo es pionero en la región de estudio por lo que se requiere mayor investigación para generar recomendaciones que contribuyan significativamente en la reducción de la emisión de amoniaco y se eficiente la producción avícola en el sureste de México.

2.7. LITERATURA CITADA

- Andersen, C. I., S. G. Von Essen, L. M. Smith, J. Spencer, R. Jolie, and K. J. Donham. 2004. Respiratory symptoms and airway obstruction in swine veterinarians: A persistent problem. *American Journal of Industrial Medicine* 46:386–392.
- Aguirre, A. 2008. “La útil Yucca”. *Revista Ideas para el cambio*. 46-49
- Alfaro, D. M., A. V. Silva, A. S. Borges, A. F. Maiorka, S. Vargas, and E. Santin. 2007. Use of *Yucca schidigera* Extract in Broiler Diets and Its Effects on Performance Results Obtained with Different Coccidiosis Control Methods. *Journal of Applied Poultry Research* 16: 248-254.
- Al Homidan, A., J. F. Robertson, and A. M. Petchey. 2003. Review of the effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. *World's Poultry Science Journal* 59:340–349.
- Almuhanna, E. A., A. S. Ahmed, and Y. M. Al-Yousif. 2011. Effect of air contaminants on poultry immunological and production performance. *International Journal Poultry Science* 10(6): 461-470.
- Amon, M., M. Dobeic, R. W. Sneath, V. R. Phillips, T. H. Misselbrook, and B. F. Pain. 1997. A farm-scale study on the use of clinoptilolite zeolite and De-Odorase® for reducing odour and ammonia emissions from broiler houses. *Bioresource Technology* 61: 229–237.
- Ayasan, T., S. Yurtseven, M. Baylan, and S. Canogullari. 2005. The effects of dietary *Yucca schidigera* on egg yield parameters and egg shell quality of laying Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal Poultry Science* 4:159-162.

- Bao, M. Y., M. Choct, A. P. Iji, and K. Bruerton. The digestibility of Organic Trace Minerals along the Small Intestine in Broiler Chickens. *Asian-Australasian Journal Animal Science* 33(1): 90-97.
- Bilgili, S. F., J. B. Hess, J. P. Blake, K. S. Macklin, B. Saenmahayak, and J. L. Sibley. 2009. Influence of bedding material on footpad dermatitis in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 18:583–589.
- Brauer-Vigoderis, R., I. F. Ferreira-Tinôco, H. Pandorfi, M. Bastos-Cordeiro, J. P. De Souza-Júnior, and M. C. De Carvalho-Guimarães. 2014. Effect of heating systems in litter quality in broiler facilities in winter conditions. *DYNA Colombia* 81: 36–40.
- Burkholder, K. M., K. L. Thompson, M. E. Eisntein, T. J. Applegate, and J. A. Patterson. 2008. Influece of stressors on normal intestinal microbiota, intestinal morphology and susceptibility to *Salmonella enteritidis* colonization in broiler. *Poultry Science* 87: 1734-1741.
- Calvet, S., M. Cambra-Lopez, F. Estelles, and G. Torres. 2011. Characterization of gas emissions from a Mediterranean broiler farm. *Poultry Science* 90: 534–542.
- Çabuk, M., A. Alçiçek, M. Bozkurt, and S. Akkan. 2004. Effect of *Yucca schidigera* and natural zeolite on broiler performance. *International Journal Poultry Science* 3: 651–654.
- Czarick, M. and B. D. Fairchild. 2012. Relative Humidity: The Best Measure of Overall Poultry House Air Quality Poultry Housing Tips. *University of Georgia Cooperative Extension* 24 (2).

- Donald, J. 1997. Tendencias en el control ambiental en galpones avícolas. *Revista Industria Avícola* 44(6): 10-17.
- Duqueza, M. C. 1996. Evaluation of nitrogen bioavailability indices for poultry wastes. MS Thesis. Auburn University, Auburn, AL.
- Espinosa, M., V. García, A. Herrera, J. Álvarez, A. Estrada, y M. Meza. 2008. Efecto del extracto de *Yucca schidigera* en el perfil bioquímico y hemático de cerdos en crecimiento y engorde". *Revista Científica de la Universidad del Zulia* 18(1): 51-58.
- Garcês, A., S. M. Afonso, A. Chilundo, and C. T. Jairoce. 2013. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 1. Litter characteristics and quality. *Journal of Applied Poultry Research* 22: 168–176.
- Gates, R. S., H. Xin, D. K. Casey, Y. Liang, and F. E. Wheeler. 2005. Method for measuring ammonia emissions from poultry houses. *Journal of Applied Poultry Research* 14: 622-634.
- Harper, L. A., T. K. Flesch, and J. D. Wilson. 2010. Ammonia emissions from broiler production in the San Joaquin Valley. *Poultry Science* 89: 1802-814.
- Hristov, A. N., T. A. McAllister, F. H. Van Herk, K–J. Cheng, C. J. Newbold, and P. R. Cheeke. 1999. Effect of *Yucca schidigera* on ruminal fermentation and nutrient digestion in heifers. *Journal of Animal Science* 77: 2554–2563.
- Jodas, S. y H. Hafez. 2001. Manejo de la cama y enfermedades relacionadas de los pavos. *Revista Avicultura Profesional* 19(5): 17-21.

- Katsunuma, Y., Y. Nakamura, A. Toyoda, and H. Minato. 2000. Effect of Yucca shidigera extract and saponins on growth of bacteria isolated from animal intestinal tract. *Journal of Animal Science* 71: 164–170.
- Lima, N. D. S., R. G. Garcia, I. A. Nääs, F. R. Caldara, and R. Ponso. 2015. Model-predicted ammonia emission from two broiler houses with different rearing systems. *Scientia Agricola* 72(5): 393-399.
- Liu, Z., L. Wango, D. Beasley, and E. Oviedo. 2007. Effect of moisture content on ammonia emissions from broiler litter: A laboratory study. *Journal of Atmospheric Chemistry* 58: 41-53.
- Mashlay, M. M., G. L. Hendricks, M. A. Kalama, A. E. Gehad, A. O. Abbas, and P.H. Patterson. 2004. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poultry Science* 83 (6): 889-894.
- Menegali, I., F. F. Tinoco, S. Zolnier, C. S. Carvalho, and C. C. Guimaraes. 2012. Influence of different systems of minimum ventilation on air quality in broiler houses. *Engenharia Agrícola* 32: 1024-1033.
- Miles, D. M., D. E. Rowe, and T. C. Cathcart. 2011. High litter moisture content suppresses litter ammonia volatilization. *Journal Poultry Science* 90: 1397-1405.
- Miles, D. M., W. W. Miller, S. L. Branton, W. R. Maslin, and B. D. Lott. 2006. Ocular responses to Ammonia in Broiler Chickens. *Avian Diseases*. 50 (1): 45-49.
- Nimmemark, S., and G. Gustaffsson. 2005. Influence of temperatura, humidity and ventilation rate on the release of odour and ammonia in a floor housing system of laying hens. *CIGR e-journal* 7.

- Nollet, L., G. Huyghebaert, and P. Spring. 2008. Effect of different levels of dietary organic (Bioplex) trace mineral on live performance of broiler chickens by growth phases. *Journal of Applied Poultry Research* 17: 109-115.
- Onbařilar, E. E., E. Erdem, N. Ünal, A. Kocakaya, and E. Torlak. 2013. Effect of *Yucca schidigera* spraying in different litter materials on some litter traits and breast burn of broilers at the fifth week of production. *The Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Kafkas* 19: 749–753.
- Pacheco, A. J., M. R. Sauri, y A. S. Cabrera. 1997. Impacto de la Porcicultura en el Medio Ambiente. *Ingeniería, Revista Académica de la Facultad de Ingeniería. Yucatán* 1 (3): 53-58.
- Pescatore, J. A., D. K. Casey and S. R. Gates. 2005. Ammonia Emissions from Broiler Houses. *Journal of Applied Poultry Research* 14: 635-637.
- Pizarro, R. M., D. E. Icochea, S. P. Reyna, and P. N. Falcón. 2009. Effect of Treatment of Broiler Litter with Aluminosilicate. *Journal of Veterinary Research Peru* 20 (2): 213-220.
- Polat, H. E. 2015. Effects of Poultry building desing in indoor air quality in humid climates. *The Journal of Animal and Plant Science* 25 (5): 1264-1272.
- Quintana J. 1999. Avitecnia: Manejo de las aves domésticas más comunes. 3ª ed. México: Ed Trillas. 384 p.
- Quintana, J. A. 1991. Avitecnia: El ambiente en las casetas para aves. 2ª ed. México: Ed Trillas.

- Ritz, C. V., B. Fairchild, and M. Lacy. 2004. Implications of Ammonia Production and Emissions from Commercial Poultry Facilities: A Review. *Journal of Applied Poultry Research* 13:684-692.
- Roldan, P. L. and L. G. Rodríguez. 2013. Assessments using products with *Yucca schidigera* extract to control ammonia in poultry farms. *Journal Plumazos AMEVEA* 45: 4-14.
- Sainsbury, D. 2000. Poultry health and management - chickens, turkeys, ducks, geese, and quail. 4th ed. Oxford, UK: Blackwell Scientific. 204 pp
- Schirk, O. 2006. Safety in relation to personnel. Portable gas measurement device for narrow spaces. *CIT Plus* 9: 50–52.
- Shao D., J. He, J. Lu, Q. Wang, L. Chang, R. S. Shi, and H. T. Bing. 2015. Effects of sawdust thickness on the growth performance, environmental condition and welfare quality of yellow broilers. *Journal Poultry Science* 94: 1-6.
- Taira, K., T. Nagai, T. Obi, and K. Takase. 2014. Effect of litter moisture on the development of footpad dermatitis in broiler chickens. *Journal of Veterinary Medical Science* 76: 583–58
- Tizard, I., 1992. An introduction to veterinary immunology. 3rd Ed. W. B. Saunders Company.
- UNFCCC. 1997. Protocol to the United Nations Framework. Convention on climate Change. Disponible en: <http://unfccc.int/2860.php> (Consultado 20 de Febrero, 2016)

Unión Nacional de Avicultores de México. 2014. Disponible en: <http://www.una.org.mx/index.php/panorama/crecera-2-5-la-avicultura-mexicana-en-2015>. (Consultado 20 de septiembre, 2015).

Wang, Z. and L. A. Goonewardene. 2004. The use of MIXED models in the analysis of animal experiments with repeated measures data. *Canadian Journal of Animal Science* 84: 1-11.

Weaver, W. D., and R. Meijerhof. 1991. The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth and carcass quality for broiler chickens. *Poultry Science* 70 (4): 746-755.

Wheeler, E. F., K. D. Casey, R. Gates, H. Xin, J. L. Zajackowski, P. A. Topper, Y. Liang, and A. J. Pescatore. 2006. Ammonia emissions from twelve U.S. broiler chicken houses. *Transactions of the ASABE* 40: 1495-1512.

Zhu, Y., A. Suo, Y. Q. Zhu, and P. Suo. 1998. Investigation of requirement of Mn from different sources for 0-4 week broiler chicks. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica* 29: 121-127.

4. CONCLUSIÓN GENERAL

El incremento de la densidad del material de la cama a 2 kg de cascarilla de arroz por m² y el uso de minerales orgánicos (Availa-Zn, Availa-Mn) y el extracto vegetal de yucca (MicroAid) como complemento a un programa tradicional de engorda de pollos contribuye a la disminución de la emisión de amoníaco en las naves comerciales de engorda. Por lo tanto, esta investigación contribuye con datos sólidos de campo y establece las bases para investigaciones futuras relacionadas a disminuir las emisiones de amoníaco y contribuir con estrategias de alimentación y manejo de las aves para incrementar la productividad, el bienestar animal y la responsabilidad con el ambiente.