

ESTUDIO SOBRE EL CONTROL DE OLORES EN GALPONES DESTINADOS A
CRIANZA AVÍCOLA PARA AVICULTORES DE PEQUEÑA ESCALA, UTILIZANDO
PRODUCTOS QUÍMICOS EN EL CONTROL DE NH₃ EN LA FINCA VILLA TERE DE LA
VEREDA SANTA CECILIA – VILLAVICENCIO



BRIYITH FERNANDA AMADOR MURCIA

ANDRES FELIPE LONDOÑO RIOS



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2019

ESTUDIO SOBRE EL CONTROL DE OLORES EN GALPONES DESTINADOS A
CRIANZA AVÍCOLA PARA AVICULTORES DE PEQUEÑA ESCALA, UTILIZANDO
PRODUCTOS QUÍMICOS EN EL CONTROL DE NH₃ EN LA FINCA VILLA TERE DE LA
VEREDA SANTA CECILIA – VILLAVICENCIO

BRIYITH FERNANDA AMADOR MURCIA

ANDRES FELIPE LONDOÑO RIOS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesor

Ing. HENRY CONTRERAS LEON

Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2019

Autoridades Académicas

P. JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O. P.

Rector General

P. EDUARDO GONZÁLEZ GIL, O. P.

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. RODRIGO GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDRES SIERRA TOBON

Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano de Facultad

HENRY CONTRERAS LEON

Director Trabajo de Grado

JAIR BURGOS CONTENTO

Jurado

CHRISTIAN JOSE ROJAS REINA

Jurado

Villavicencio, agosto de 2019.

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a Dios y la virgen, por acompañarnos y ser guía durante nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos difíciles y brindarnos la oportunidad de servir con nuestros conocimientos.

A nuestros padres por ser el pilar fundamental en todo lo que somos hoy en día y por la motivación constante que nos ha permitido ser mejores personas y profesionales a través de sus esfuerzos, amor y sacrificios, por contribuir económica y laboralmente en esta investigación.

A nuestra universidad y docentes que nos enseñaron a amar nuestra carrera por medio de los conocimientos que nos brindaron en esos largos años de aprendizaje.

Agradecimientos

*A nuestro docente el ingeniero Henry Contreras León, por
acogernos y ser el director de este proyecto.*

*Nuevamente nuestros padres y familiares por creer siempre en nosotros
y apoyarnos en cada etapa de nuestras vidas.*

Contenido

	Pág.
Resumen.....	15
Introducción	17
1. Planteamiento del Problema	19
1.1. Descripción del Problema	19
2.2. Formulación entorno al Problema.....	21
2. Objetivos	22
2.1. Objetivo General	22
2.2. Objetivos Específicos.....	22
3. Justificación	23
4. Alcance del proyecto.....	25
5. Antecedentes	27
6. Marco de Referencia	29
6.1. Marco Teórico	29
6.2. Marco Conceptual	31
6.3. Marco Legal	33
7. Metodología	34
7.1. Tipo de Estudio	34
7.2. Procedimiento metodológico.....	34
7.2.1. Fase 1: Acondicionamiento.....	34
7.2.2. Fase 2: Desarrollo de la fase experimental	35
7.2.3. Fase 3: Análisis de resultados.....	38
7.2.4. Fase 4: Formular	43
8. Resultados	44
8.1. Fase 1: Acondicionamiento.....	44
8.2. Fase 2: Desarrollo de la fase experimental.....	44

8.2.1.	Seguimiento del ave:.....	44
8.2.2.	Seguimiento y Control de amoniaco:.....	46
8.3.	Fase 3: Análisis de resultados	48
8.4.	Fase 4. Formular.....	62
8.4.1.	Propuesta de manejo para el NH ₃ en producción avícola a pequeña escala.	62
9.	Conclusiones	67
10.	Recomendaciones	69
	Bibliografía	71
11.	Anexos	75

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Objetivos de Rendimiento mixto en Broiler.....	31
Tabla 2. Precio de carne en aves de corral (\$/kg).....	32
Tabla 3. Normatividad.....	33
Tabla 4. Total, de datos en campo.....	36
Tabla 5. Dosificación inicial de productos químicos.....	37
Tabla 6. Variables trabajadas.....	39
Tabla 7. Rango de vulnerabilidad para niveles de NH ₃ en las aves de corral.....	42
Tabla 8. Dosificaciones de productos.....	48
Tabla 9. Correlaciones obtenidas con el Software estadístico (SPSS).....	51
Tabla 10. Pruebas de normalidad obtenidas con el Software estadístico (SPSS).....	51
Tabla 11. Resumen del modelo obtenido con el Software estadístico (SPSS).....	52
Tabla 12. Análisis ANOVAa obtenido con el Software estadístico (SPSS).....	52
Tabla 13. Predicción de emisiones de NH ₃ acuerdo al peso del ave.....	54
Tabla 14. Resultados de correlación lineal.....	62
Tabla 15. Promedio de peso por galpón en gr.....	64
Tabla 16. Propuesta de manejo del NH ₃ por medio del Al ₂ (SO ₄) ₃	64
Tabla 17. Ganancia de peso y Ganancia económica aproximada con sulfato de aluminio.....	65

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Área de influencia del proyecto.....	26
Figura 2. Rosa de vientos Villavicencio – Meta.....	38
Figura 3. Rangos para correlación lineal (R) de Pearson.....	42
Figura 4. Diagrama de flujo de la investigación.....	43
Figura 5. Incorporación de las aves.	44
Figura 6. Primera medición de las aves.	45
Figura 7. Primer pesaje de las aves.....	45
Figura 8. Primera medición detectable de 1 ppm de NH ₃	47
Figura 9. Aplicación por aspersión de productos químicos.....	48

Lista de gráficas

	Pág.
Gráfica 1. Comportamiento de amoniaco en el galpón testigo (GT)	49
Gráfica 2. Correlación de peso y NH ₃ en galpón testigo en SPSS.....	50
Gráfica 3. Comportamiento de NH ₃ en G1	54
Gráfica 4. Comportamiento NH ₃ con Sulfato de Calcio (CaSO ₄)	55
Gráfica 5. Comportamiento de NH ₃ en G2.....	57
Gráfica 6. Comportamiento del NH ₃ con Microorganismo Eficientes (EM).....	58
Gráfica 7. Comportamiento de NH ₃ en G3.	59
Gráfica 8. Comportamiento del NH ₃ con Sulfato de Aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃).....	60
Gráfica 9. Pesaje en Kilogramos por semana de las aves	63

Lista de ecuaciones

	Pág.
Ecuación 1. Correlación lineal de Pearson.....	40
Ecuación 2. Ecuación lineal de la correlación	40
Ecuación 3. El coeficiente de determinación, R^2	41
Ecuación 4. solución de ecuación lineal de correlación.....	53

Lista de anexos

	Pág.
Anexo 1. Formato Seguimiento y control del amoniaco	75
Anexo 2. Formato Pesaje de las Aves.....	82
Anexo 3. Formato Tallaje de las Aves.....	84
Anexo 4.Formato Enfermedades o Lesiones	86
Anexo 5. Menorías de cálculo	88

Glosario

Ave: (ave de corral) es un ave domesticada utilizada en la alimentación, ya sea en forma de carne o por sus huevos. La denominación incluye típicamente a miembros de los órdenes Galliformes (Concepto Definicion, 2019).

Avicultura: son las técnicas, los procedimientos y los saberes que permiten el desarrollo de la cría de aves. Se trata de una práctica que implica el cuidado de estos animales a nivel doméstico, con algún tipo de fin. La avicultura, en este marco, abarca todo lo vinculado a la crianza de las aves, incluyendo lo referente al hábitat de estos animales.(Porto, 2016).

Cama de cascarilla: Se define a la cama como aquel material que se utiliza para distribuir sobre el piso de los galpones con el fin de brindar confort y un desarrollo adecuado de las aves, la materia prima a utilizar son las siguientes: cascarilla de arroz, viruta, cascara de girasol, cascara de maní entre otras (Irisarri, 2013).

Galpón: Construcción grande y techada empleada como lugar de albergue para las aves de corral (Perez Porto, 2018).

Pollinaza: Son la mezcla entre las excretas de las aves de corral y la cama de las aves que pueden ser cascarilla o viruta de madera (Union Ganadera Regional de Jalisco, 2010).

E.M: Son un cultivo tecnológico que junta distintas especies de microorganismos beneficiosos aeróbicos y anaeróbicos. Sembrados en un medio líquido, esta combinación inteligente contiene alrededor de ochenta tipos de microorganismos, siendo mayoritariamente bacterias fototrópicas o fotosintéticas, bacterias del ácido láctico, hongos y levaduras de fermentación, y actinomiceto (Microorganismos Eficientes Medio ambiente y Biotecnología ecológica, 2013)

Resumen

El presente estudio tuvo como finalidad disminuir los niveles de amoníaco producidos por las aves en los galpones en una actividad avícola a pequeña escala por medio de 3 productos químicos, los cuales fueron Sulfato de Calcio (CaSO_4), Microorganismos Eficientes (EM) y Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), esta investigación fue en la Finca Villa Tere, ubicada en el municipio de Villavicencio-Meta. Se trabajó con 120 aves de 1 día hasta los 45 días de edad, en 4 galpones de 3m x 2m cada uno con 30 aves, Siendo etiquetados de la siguiente manera, para el galpón con Sulfato de Calcio (G1), con Microorganismos Eficientes (G2), con Sulfato de Aluminio (G3) y por último el galpón testigo (GT) siendo el galpón experimental con el cual se cruzaron los datos.

Se realizaron mediciones a diario desde la llegada de las aves hasta el final de la producción, tomando las mediciones a la altura de la cabeza de las aves y a ras de la cama de cascarilla, se tomó en cuenta los gr de nitrógeno amoniacal producidas por las aves con el fin de poder obtener la primera dosificación de cada galpón, en donde a medida que la aves iban creciendo se iba amentado la dosificación, se realizaron 8 aplicaciones desde el momento en el que se empezaron a registrar datos de amoníaco y por último se recolectaron todos los datos obtenidos en campo, realizando un análisis de tipo descriptivo a partir de la herramienta de Microsoft Excel y el software estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

Al finalizar la investigación se obtuvieron los siguientes niveles de amoníaco; para el galpón (G1) 20 ppm, para el (G2) 8 ppm y para el (G3) 4 ppm, con respecto al galpón (GT) que obtuvo 41 ppm, cumpliendo con el objetivo de reducir los niveles de amoníaco obtenidos durante la producción.

Palabras clave: amoníaco, concentración, dosificación, avícola

Abstract

The purpose of this study was to reduce the levels of ammonia produced by birds in the sheds in a small-scale poultry activity by means of 3 chemical products, which were Calcium Sulfate (CaSO_4), Efficient Microorganisms (EM) and Sulfate of Aluminum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), this investigation was at Finca Villa Tere, located in the municipality of Villavicencio-Meta. We worked with 120 birds from 1 day to 45 days of age, in 4 sheds of 3m x 2m each with 30 birds, being labeled as follows, for the house with Calcium Sulfate (G1), with Efficient Microorganisms (G2), with Aluminum Sulfate (G3) and finally the control shed (GT) being the experimental shed with which the data was crossed.

Measurements were made daily from the arrival of the birds until the end of the production, taking the measurements at the height of the head of the birds and at the level of the husk bed, the grams of ammoniacal nitrogen produced by the birds were taken into account birds in order to obtain the first dosage of each shed, whereas the birds grew the dosage was increased, 8 applications were made from the moment they began to record ammonia data and finally collected all the data obtained in the field, performing a descriptive analysis based on the Microsoft Excel tool and the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) statistical software.

At the end of the investigation, the following ammonia levels were obtained; for the shed (G1) 20 ppm, for the (G2) 8 ppm and for the (G3) 4 ppm, with respect to the shed (GT) that obtained 41 ppm, fulfilling the objective of reducing the ammonia levels obtained during the production.

Keywords: ammonia, concentration, dosage, poultry

Introducción

Las producciones pecuarias intensivas en Colombia han aumentado debido a la alta rentabilidad que tiene este mercado. Esta actividad trae consigo mantener en cautiverio especies durante el proceso crianza y engorde en donde producen desechos provenientes de sus heces fecales y orinas, las mismas que al estar concentradas en un mismo lugar, se acumulan y rápidamente forman grandes volúmenes de excremento que son atacadas por bacterias descomponedoras, proceso en el cual se libera al ambiente compuestos volátiles como el amoníaco y otros que, cuando se encuentran en proporciones altas, pueden causar molestias a los operadores de las granjas y a los vecinos de las mismas. (Aray Zambrano, 2012).

Con el acelerado aumento de la población mundial, se espera que las actividades pecuarias crezcan exponencialmente para satisfacer las necesidades de la población mundial.

Se registra que la producción mundial de carne en la década de los 60 fue 86 millones toneladas, pasando a ser 231 millones en promedio en los años de 1995-2006. El promedio de crecimiento de la carne para los años 1995-1996 en cuanto a la producción vacuna fue de 69%, para la ovina de 45%, de cerdo 190% y de pollo fue 481%. Según cifras de la FAO, para el 2003 se producían a nivel mundial 16.381 millones de cabezas de pollos y gallinas. (Larrea, P; Rodriguez, M; Romero, M, 2009)

Teniendo en cuenta lo anterior, se espera que haya más producción de carne de pollo, lo que hace considerar, que cada 1000 pollos de ceba de un Kilo producen 36 litros por día de desechos, incluyendo la cama con 30% de humedad y las aves confinadas producen 4,5 Ton., de excretas por cada 1000 libras de peso vivo al año.” (Orellana, 2006)

Las excretas de las aves contienen gases, lo que indica que las granjas avícolas aportan grandes cantidades de en la producción de pollos de carne en toda su fase de producción. Se entiende que el nitrógeno (N) ingerido por los animales, no es absorbido en su totalidad, se

llegan a excretar hasta el 50% del mismo. La emisión del exceso de N, puede ocasionar una serie de efectos nocivos sobre el medio ambiente, la sanidad de los animales y la salud de las personas. Los efectos sobre el medio ambiente son básicamente debidos a la acción del amoníaco. Una vez que el gas es emitido a la atmósfera, puede tener una deposición seca o húmeda en suelos y plantas causando procesos de eutrofización y acidificación. (Coma, J; Bonet, 2016)

La problemática de esta investigación se realizó con el fin de disminuir los niveles de amoníaco provenientes de la producción avícola, por medio de tratamientos al alcance de los pequeños productores, para mejorar la calidad ambiental y beneficio del ave.

1. Planteamiento del Problema

1.1.Descripción del Problema

La contaminación atmosférica es un problema que afecta todos los factores en la calidad de vida de un ser vivo. De acuerdo a los análisis realizados por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, la contaminación atmosférica en Colombia es uno de los problemas ambientales de mayor relevancia, generando preocupación a la población colombiana por los impactos que genera tanto a la salud pública como al medio ambiente, siendo el tercer factor generador de costos sociales después de la contaminación del agua y de los desastres naturales (Min. Ambiente, 2015).

Las actividades industriales y pecuarias aportan gran cantidad de contaminación atmosférica desmejorando la salud pública; el Departamento Nacional de Planeación (DNP) estimó en 20,7 billones de pesos los costos para el sector salud al terminar el 2015, cifra que es equivalente al 2,6% del producto interno bruto colombiano (PIB) para ese mismo año. (Departamento Nacional de Planeación, 2017) El campo y su sistema económico agropecuario, también genera grandes toneladas de gases de efecto invernadero (GEI), siendo las actividades pecuarias cada vez más en aumento, en especial la actividad avícola, la cual ha obtenido crecimientos permanentes, dado al incremento de la demanda en carne y huevos. Nada más para el año 2016 se estimó que cada colombiano consumió en promedio 31,5 kilos de carne de pollo y para el 2017 se logró la cifra récord de 1.563.568 toneladas. “Esto significa un crecimiento del 5.7% en el sector de pollo frente al año anterior” El consumo de pollo de engorde ascendió en el 2017 a 774 millones de aves, con un crecimiento del 2.3% y el de huevo a 43 millones de aves con un crecimiento del 8%; respecto al año anterior. (FENAVI, 2018). Estas cifras logran que cada día más, los pequeños productores se incentiven en el uso de esta práctica tan rentable. La problemática radica en el aumento de gases nocivos tanto para animales, como para las comunidades cercanas a dichas zonas, donde la concentración de los olores por parte de animales, alimentos y estiércol, se han convertido en las principales quejas de las poblaciones que viven cerca de estas

actividades, en el caso de estudio, que es la finca Villa Tere, los habitantes presentan quejas sobre los malos olores y el aumento de vectores de tipo mecánico como lo son las moscas que logran propagar agentes infecciosos, prestándose esta situación principalmente en temporada seca.

Igualmente, los pequeños productores no cuentan con recursos y maquinarias especializadas para el control de la problemática, siendo imperante buscar formas no convencionales de controlar la situación. Cabe resaltar que en el área de estudio no se han realizado investigaciones de este tipo, por lo que no hay registros oficiales ante ninguna entidad ambiental sobre los niveles de amoníaco provenientes de las deposiciones de las aves; que son una mezcla entre sólido y líquido con alto contenido de nitrógeno. Este nitrógeno está en su mayor parte en forma de amonio, que es muy volátil (al convertirse en amoníaco). Se estima que diariamente un pollo aporta un 3,1% de nitrógeno amoniacal, causante del fuerte olor a estiércol, el cual incomoda a quienes residen cerca y a las mismas aves ocasionándoles problemas de salud y retraso en el desarrollo en promedio se estima que la tasa de mortalidad por la camada en cada galpón es del 3% generando pérdidas económicas a los productores. (Tortosa, 2013).

El amoníaco es un gas incoloro a temperatura y presión ambientes, con un intenso olor muy penetrante e irritante que se puede percibir por el ser humano a partir de las 5 ppm (3,6 mg/m³), Los estudios en voluntarios indican que, en algunos sujetos, comienzan a aparecer síntomas subjetivos a exposiciones cercanas a 50 ppm (36 mg/m³) durante periodos comprendidos entre 10 minutos y 6 horas.(Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2009). En el caso de las aves estas empiezan a secretar moco en las vías respiratorias a partir de 20 a 25 ppm y los cilios que cubren las paredes de los pulmones y bronquios ya no son capaces de proteger el tracto respiratorio haciéndolas más susceptibles a las enfermedades respiratorias. (CYNOMYS, 2018). La solución a este molesto problema puede ser la ventilación de los espacios, pero dado que la ventilación es costosa (los ventiladores industriales consumen más de 1 kW cada uno) haciendo difícil que los pequeños productores logren instalarlos, debido a esto se busca encontrar soluciones alternas, no convencionales y económicas que permitan controlar de manera efectiva el amoníaco dentro de los galpones.

2.2. Formulación entorno al Problema

¿Cómo reducir los niveles de emisión de amoníaco (NH_3) en un sistema de producción avícola a pequeña escala en la vereda Santa Cecilia de Villavicencio Meta, teniendo en cuenta el desarrollo del ave en el tiempo?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Disminuir los niveles de contaminación odorífera a partir de productos químicos, para el control del amoníaco (NH_3) en un sistema productivo avícola a pequeña escala en la Finca Villa Tere, ubicada en la vereda Santa Cecilia de Villavicencio Meta.

2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar los niveles de producción de NH_3 en un sistema de producción avícola a pequeña escala en La Finca Villa Tere, ubicada en la vereda Santa Cecilia de Villavicencio Meta.
2. Analizar el uso en dosificaciones de sulfato de aluminio, sulfato de calcio y microorganismos eficientes para el control del NH_3 por medio de pruebas de campo.
3. Formular la propuesta de control de NH_3 para los sistemas productivos avícolas a pequeña escala.

3. Justificación

En Colombia son muy pocos los sectores económicos que logran crecimientos permanentes, la industria avícola es uno de ellos, ya que esta se ha convertido en una alternativa muy importante para la seguridad alimentaria, incrementado significativamente en todo el país; debido a la demanda que tiene la carne de pollo y huevos, Así lo demuestran las cifras de la Federación Nacional de Avicultores de Colombia, que indican que para el 2017 el sector avícola tuvo un crecimiento del 6,4% en relación con el año 2016, esto permite leer la situación real del mercado como las expectativas a corto y mediano plazo, y que muestra el número de aves que ingresaron a las granjas para iniciar su ciclo productivo, llegó a más de 817 millones de aves, 20 millones con un crecimiento del 2,6% respecto al 2016 . (FENAVI, 2018).

Según el registro de granjas realizado por la Federación Nacional de Avicultores (FENAVI), en Colombia se encuentran alrededor de 5.627 granjas de producción, postura y engorde con un número de 155.241.504 de aves, con un total de 97.193.789 de aves dedicadas a engorde y considerando que cada ave de engorde produce alrededor de 578g de nitrógeno en las excretas, de las cuales 140g corresponden a nitrógeno amoniacal, se estimó que en Colombia para el año 2017 se produjo cerca de 13.607,13 toneladas de amoniaco. (DANE, 2019).

Teniendo en cuenta esto, es indispensable aclarar que el control de amoniaco es vital para una producción eficiente del producto final. La calidad del aire en los denominados galpones está directamente relacionada con la capacidad de respuesta a solucionar esta situación y poder cumplir con el adecuado desarrollo de las aves, estas adecuaciones son imprescindibles en el transcurso de 14 a 21 días de vida del animal, siendo los más críticos y susceptibles al daño del amoniaco a niveles por encima de 25ppm de NH_3 , se busca implementar practicas no convencionales para el manejo del NH_3 , llegando reducir costos en instalación de sistemas de ventilación, para evitar la acumulación de amoniaco en los galpones, de igual forma disminuyen gastos de reparación en daños oculares, pulmonares, ascitis y muerte(Merchán & Quezada, 2013). Asimismo, incrementa la debida alimentación y desarrollo de las aves, todos estos

factores hacen imprescindible el adecuado manejo de la productividad para los pequeños productores generando alzas en su economía, debido a la excelente calidad de su producto. Al mejorar la calidad del aire dentro de los galpones, se adelanta el control de olores a la comunidad aledaña evitando quejas y daños en la salud.

En Villavicencio se ha visto el incremento de producción de huevos y de carne de aves de corral aumentando la economía de la ciudad, pero también se evidencia el aumento de amoniaco emanado por las aves en sus excretas, siendo los productores a pequeña escala los principales aportantes, ya que no cuentan con los recursos especializados para la disminución del amoniaco debido a que cuentan con pocos recursos económicos para la compra e instalación de maquinarias. Tan solo en la vereda Santa Cecilia se presentan 4 fincas con criadero avícolas, y ninguna tiene un control sobre olores, razón por la cual, el propósito de la investigación es la adición y seguimiento de productos químicos que se pueden encontrar fácilmente en la región con un costo accesible al alcance de los pequeños productores. La finalidad es lograr la reacción y precipitación del amoniaco en la cama de cascarilla de arroz disminuyendo los malos olores producidos por las aves, afectaciones al medio ambiente, además de beneficiar productiva y económicamente a los pequeños productores de la vereda y los habitantes de la finca Villa Tere.

4. Alcance del proyecto

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en la Finca Villa Tere (Figura 1), situada en la vereda Santa Cecilia, perteneciente al área rural de Villavicencio-Meta.

El proyecto se desarrolló en un lapso de 45 días de muestreo. Para la fase de ejecución se tuvieron a disposición 4 galpones, en donde cada galpón almacenó 30 aves de corral, para una producción de 120 aves. Se evaluaron los niveles de amoníaco y una serie de parámetros en las aves como el peso, tallaje e irritación de las mucosas, determinando la efectividad de los productos químicos en la precipitación del amoníaco durante el periodo de engorde hasta la finalización, en el proceso el Galpón 1 (G1), Galpón 2 (G2) y el Galpón 3 (G3) contaron con presencia de agentes químicos mientras que el Galpón testigo (GT) no se le realizó ninguna aplicación de productos químicos, con el fin de poder determinar los valores reales de amoníaco en la producción de las aves, manteniendo condiciones iguales a los demás galpones .

Los productos químicos utilizados para el control de amoníaco NH_3 son: Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), Sulfato de Calcio (CaSO_4) y Microorganismo Eficientes (ME). Los productos químicos se aplicaron mediante aspersion. Con el fin de observar la eficiencia de cada uno de estos realizando el control en la precipitación del amoníaco NH_3 en la pollinaza, los niveles de amoníaco fueron medidos con el equipo Basic Ammonia (NH_3) Detector/Meter Model: NH3000.



Figura 1. Área de influencia del proyecto, tomado de Google Maps; 2019

5. Antecedentes

Desde ya hace varios años se adelantan investigaciones sobre los daños y cuidados que se deben tener en la fase de producción en la industria avícola. Se nombran diferentes métodos para controlar la producción de amoniaco producido por las excretas en los galpones.

En 1985 Fiona S. Carlile realizó una respectiva investigación acerca del amoniaco en la avicultura, donde manifiesta los prejuicios y niveles máximos a los que están expuestas las aves de corral nombrando recomendaciones para productos químicos como el Paraformaldehído utilizado para neutralizar el amoniaco desprendido de las deyecciones. También nombra los Zeolitos puestos en el techo de los galpones para reducir los niveles de amoniaco debido a sus características de intercambiador de iones, además de superfosfato y ácido fosfórico, este es un fertilizante que controla el amoniaco y hace más fácil el reúso de la cama de las aves en procesos agrícolas. (Carlile, 1985) Esta investigación permitió conocer los niveles máximos permisibles de amoniaco a los que puede estar expuesta el ave antes de presentar problemas en la salud, además de tratamientos para el control de amónico que tuvimos en cuenta para escoger los productos químicos a utilizar.

En 2006 Norma Pizarro en un estudio para analizar el efecto del tratamiento de la cama con un aluminosilicatos en pollos de carne, se basó en la investigación del autor anterior y además de nombrar los productos anteriores, propuso el Sulfato de Aluminio y Sulfato Ferroso, con los cuales reportó una reducción en la volatilización del amoniaco proveniente en un 99% con Sulfato de Aluminio y de un 58% con Sulfato Ferroso. Aunque se presentan pérdidas de aves al no realizar una aplicación adecuada. Se realizó tratamiento en la cama de aserrín de pino con ácido acético y ácido propiónico a razón de 1% y 3% respectivamente reduciendo el pH de la cama sugiriendo la liberación de amoniaco. También existen otras opciones como el uso de la Saponina de yuca utilizada en el suplemento alimenticio de las aves como promotor de crecimiento y control de amoniaco en la cama, ya que interfiere con la acción de la ureasa que es esencial para liberar el amoniaco. Por último, nombra otros químicos, como el ácido sórbico,

violeta de genciana y propionato de calcio que han sido usados para reducir la carga microbiana y mejorar las condiciones físicas de la cama. Aunque se expresa que estos ofrecen beneficios de muy corta duración, por esto son poco considerados. (Pizarro, Icochea, Reyna, & Falcón, 2009). Esta investigación, permitió conocer la eficacia de sulfato de aluminio, lo cual consintió seleccionar este producto para sus estudios en este proyecto, también aunado a la posibilidad de encontrarlo fácilmente en la región y a que es relativamente económico.

Para el año 2012 Julio Zambrano realizó su tesis con alternativas para disminuir la emisión de amoniaco en granjas avícolas en el Cantón Balsas, donde comparó la eficiencia de dos tratamientos para disminuir la emisión de amoniaco zeolita, acidificante y Bacterias Epizym-Aw. El tratamiento con mejor relación costo-eficiencia resultó ser el bacteriano, seguido por los otros dos tratamientos que tuvieron igual relación. (Aray Zambrano, 2012)

En 2012 se realizó otro proyecto de tesis comparando dos tratamientos para controlar el amoniaco. Se estableció que el tratamiento T1 fuera la aplicación de zeolitas a la ración alimenticia del 2% y el segundo tratamiento T2 fuera la ración alimenticia al 4% de zeolitas. Evidentemente el producto mejora la digestión metabólica en las aves, en cuanto a que tratamiento se considera mejor, aunque es contraproducente ya que el T2 al tener mayor concentración, disminuía la ración alimenticia, pero se presentan niveles aún más bajos de amoniaco. (Vélez et al., 2013).

En el año 2012 Gonzales y Quille realizaron el estudio para la aplicación de yeso agrícola como secante en la cama de pollos de engorde en el cantón Santa Rosa. Tuvo como finalidad evaluar el efecto secante del tratamiento en la cama de los pollos con Yesolina (comercial). Se aplicaron 3 tratamientos según el nivel de incorporación del sulfato de calcio (1,0 kg; 1,5 kg; 2,0 kg) y con su respectivo grupo testigo. Se consideró la humedad y el desprendimiento del olor a amoniaco. Adicionalmente se analizó la incidencia sanitaria a través de la determinación de amoniaco, en donde la conversión alimenticia más eficiente se obtuvo en el tratamiento T3 = 1.85. En cuanto la mortalidad porcentajes fueron bajos T0 = 0,71; y el tratamiento T3 = 0,14. La mayor utilidad se obtuvo en el tratamiento T0 con \$73,16; le sigue el de menor utilidad por tratamiento T01: con \$37,95(González Guarnizo & Quille Ochoa, 2012)

6. Marco de Referencia

6.1. Marco Teórico

La formación de amoniaco en los galpones ha sido atribuida a la descomposición microbiana del ácido úrico de las excretas de los animales, por esto a medida que la concentración de ácido úrico de los excrementos desciende, la cantidad de amoniaco desprendido aumenta. (Carlile, 1985).

El factor que más influencia en la producción de amoniaco son las excretas que contienen nitrógeno amoniacal producidas por las aves que se albergan en los galpones, en donde a mayor producción de aves los niveles de nitrógeno amoniacal aumentan y a mayor temperatura del aire se incrementan la actividad microbiana en la pollinaza, por ende, se eleva la producción de malos olores, la temperatura también causa que este gas se disipe pasando de la cama al aire. Un pequeño incremento de la T° entre 1-2°C tendrá un gran efecto sobre los niveles de amoniaco aumentando la concentración de partículas inhaladas en las aves como en los seres humanos, incrementando los malos olores en el ambiente que producen acidificación del mismo ecosistema.(H. A. Elliott & N. E. Collins, 1982), es necesario tener las condiciones adecuadas para llevar a cabo la fase experimental de la mejor manera.

El ser humano detecta el NH₃ cuando este alcanza una concentración de 5 ppm o más, entretanto la concentración máxima que puede soportar este es de 100 ppm durante ocho horas antes de presentar complicaciones en el sistema respiratorio. Por otro lado, las aves pueden presentar diversos problemas cuando son expuestas a niveles de 20 a 25 ppm durante largos períodos de tiempo. (Carlile, 1985). En donde hay un aumento en la secreción de moco en las vías respiratorias de los animales y los cilios que cubren las paredes de los pulmones y bronquios ya no son capaces de proteger el tracto respiratorio. Esto deja el camino libre a los patógenos que colonizan a los animales, crecen y causan enfermedades. (CYNOMYS, 2018).

Este amoníaco volátil posee unas características químicas y microbiológicas en sus reacciones que pueden ser aprovechadas para su control a partir de distintos productos los cuales fueron cuidadosamente pensados para su utilización en este proyecto, como lo son los microorganismos eficientes (EM) el cual es un conjunto de distintas especies, alrededor de ochenta tipos de microorganismos, siendo mayoritariamente bacterias fototróficas o fotosintéticas, bacterias del ácido láctico, hongos, levaduras de fermentación y actinomicetos.

Esta tecnología es considerada como ecológica e inofensiva, debido a que está compuesta solamente de microorganismos existentes en la naturaleza, promoviendo condiciones favorables para la salud de los ecosistemas, los EM generan equilibrio, segregando simultáneamente ácidos orgánicos, antioxidantes, minerales y vitaminas, como resultado se obtiene la limpieza del medio, de elementos tóxicos y gérmenes patógenos, ya que se alimentan de estos, transformando los residuos en antioxidantes beneficiosos para ecosistemas y organismos. (Microorganismos Eficientes, 2010). De igual forma el sulfato de aluminio que es una sal ácida seca, que produce una reacción al entrar en contacto con el agua de la cama. El nivel de acidificación no es tan grande, pero si reduce el pH de la cama. El sulfato de aluminio se liga al fósforo, tornándolo no disponible, lo cual es de ayuda cuando se teme que el nivel de fósforo de la cama es un contaminante al ser utilizado en uso agrícola. El tiempo de aplicación del producto depende del nivel de humedad de la cama. Una cama húmeda activará al producto más rápidamente que una seca. Para maximizar el efecto de reducción de la humedad el producto debe mezclarse bien con la cama. Esto no es necesario si sólo queremos lograr una reducción del pH. (Turner, 2008). Por último el sulfato de calcio el cual es un químico altamente utilizado en actividades agrícolas y pecuarias, para la elaboración de compostaje, debido a sus propiedades absorbentes que favorecen el intercambio catiónico, especialmente con el amonio, que en condiciones de alta humedad se transforma en amoníaco; este producto cumple un efecto de absorción de humedad para evitar la propagación de gases del NH_3 por medio de un intercambio de cationes, reduciendo así la propagación de olores. (Merchan & Quezada, 2013)

6.2. Marco Conceptual

El amoníaco es un gas incoloro e irritante que se produce a partir de la fracción nitrogenada de las deyecciones animales por medio de la actividad microbiana. El ser humano lo detecta cuando alcanza una concentración de 5 ppm o más, mientras que la concentración máxima que puede soportar es de 100 ppm durante ocho horas. Sin embargo, las aves pueden presentar diversos problemas cuando resultan expuestas durante largos períodos de tiempo a niveles tan bajos como de 20 a 25 ppm. (CYNOMYS, 2018)

Se produce en las excretas de las aves donde una parte se disipa en el aire y otra se queda en la cama en donde los más comunes son viruta de pino, la cascarilla de arroz y el aserrín utilizados para evitar el contacto directo del ave con el suelo, ayuda a la absorción de agua, la incorporación de heces, orina y plumas, así como a la reducción de las fluctuaciones de temperatura en el galpón que luego se transforma en pollinaza siendo las excretas de las aves de engorde que se encuentra mezcladas con cascarilla de arroz, aserrín entre otros. (Alegre, 2015).

Los aumentos de los niveles de amoníaco también dependen del tallaje de las aves en donde se refiere al tamaño adecuado del ave, respecto al tiempo de vida, se busca que en su desarrollo no se retrase en crecimiento y peso. Una de las razas más comúnmente utilizadas es Broiler ya que es un pollo de engorde.

Tabla 1. Objetivos de Rendimiento mixto en Broiler.

Día	Tamaño corporal (cm)	Peso corporal (g)
1	7	57
20	17	856
30	25	1650
45	30	3091

Nota. En las tablas los valores están redondeados, esto puede ocasionar pequeñas inexactitudes al usar los objetivos para calcular otras estadísticas de rendimiento adaptado de (Avigen Group, 2014).

También es importante relacionar los pesos con ganancias económicas, ya que el propósito de este sistema es la sostenibilidad económica del productor, legando a ser digno competidor en las principales plazas de mercado a nivel regional o nacional.

Tabla 2. Precio de carne en aves de corral (\$/kg).

PRECIOS DE BENEFICIO DE AVES DE CORRAL (\$/Kg)		
MESES	2018	2019
Enero	5.875	6.107
Febrero	5.908	6.175
Marzo	6.147	6.150
Abril	6.188	6.046
Mayo	6.160	5.915
Junio	6.206	
Julio	6.200	
Agosto	5.959	
Septiembre	6.056	
Octubre	6.191	
Noviembre	6.088	
Diciembre	6.167	

Nota: beneficio económico de la venta de producto cárnico del pollo en 2018 y mitad de 2019.
Fuente: Obtenido de (Fenavi, 2019)

6.3. Marco Legal

Tabla 3. Normatividad.

Norma	Concepto
Resolución número (1541) del 12 de noviembre de 2013	Por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generen olores ofensivos y se dictan otras disposiciones.
Resolución número (2087) del 16 de diciembre de 2014	Se adopta a nivel nacional el Protocolo para el Monitoreo, Control y Vigilancia de Olores Ofensivos
Resolución número (610) de marzo de 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. Aportando las principales sustancias generadoras de olores ofensivos y sus respectivos umbrales.
Convenio 485 de 2010 suscrito entre el Ministerio de Salud y Protección Social y la Organización Panamericana de la Salud.	Lineamiento para la vigilancia sanitaria y ambiental del impacto de los olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas

NOTA: Descripción de la normatividad en calidad de aire y olores ofensivos en cuanto al NH₃ en Colombia por Amador & Londoño, 2019.

7. Metodología

7.1. Tipo de Estudio

La investigación, aquí descrita es de carácter experimental, ya que observó el comportamiento en campo del amoníaco NH_3 , para un sistema de producción avícola a pequeña escala durante 45 días el ciclo establecido por la industria avícola (Finagro, 2017), se llevó a cabo un monitoreo diario y aplicación de agentes químicos con un total de 5 dosificaciones aplicada en 10 días, logrando un mayor control sobre los sesgos que dan pie a futuras confusiones.

Esta técnica experimental permite realizar comparación entre los galpones avícolas a estudiar, evaluando los efectos de las intervenciones planteadas en esta investigación.

7.2. Procedimiento metodológico

7.2.1. Fase 1: Acondicionamiento

Adecuación de los cuatro galpones de aproximadamente 4.2 m^2 cada uno. La adecuación incluye la limpieza, desinfección, instalación de bebederos y comederos, la distribución de la cama de cascarilla de arroz, el aislamiento contiguo de los galpones por medio de lona verde a modo de cortinas, además de la incorporación de 30 aves de un día de nacidas en sus respectivos galpones donde fueron alojadas por un total de 45 días.

Galpón Testigo (GT): este no tendrá ningún tratamiento químico, pero se van a manejar las mismas condiciones de alimentación y aislamiento que en los otros cajones.

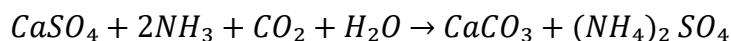
Galpón 1 (G1): en este cajón se trabajará el sulfato de calcio (CaSO_4)

Galpón 2 (G2): en este cajón se trabajarán los microorganismos eficientes (EM)

Galpón 3 (G3): en este cajón se trabajará el sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

Los productos como ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) y (EM), fueron seleccionados, porque existen antecedentes que demuestran el mejoramiento en el control del amoníaco NH_3 ; El caso del CaSO_4 , es

diferente, pues este producto no tiene antecedentes de manejo para control del NH_3 en producción avícola. Sin embargo, es muy utilizado para uso agrícola, es el menos soluble en agua de la familia de los sulfatos y no es nocivo para la salud de las aves, al ser familia del sulfato de aluminio un producto químico muy utilizado para la disminución de amoniac. Se experimentó con el CaSO_4 esperando que al reaccionar el CaSO_4 disuelto en agua con el NH_3 , se decantara el nitrógeno amoniacal en la cama de cascarilla evitando que dicho nitrógeno producto de las excretas de las aves se disperse en el ambiente controlando los niveles de amoniac como lo muestra la siguiente reacción.



Adicional a esto, son productos que se pueden encontrar fácilmente en la región y su precio no es elevado, por lo tanto, están al alcance de los pequeños productores facilitando una mejor producción a bajo costo.

- Sulfato de calcio: kilo (\$ 3.000) y bulto (\$ 48.700)
- Sulfato de aluminio: kilo (\$ 2.700) y bulto (\$ 40.000)
- Microorganismos Eficientes: litro (\$ 18.000) y galón (\$ 39.000)

7.2.2. Fase 2: Desarrollo de la fase experimental

Inicialmente se elaboró un formato único, para seguimiento y control de las actividades de la fase experimental, donde se concibió la vigilancia del amoniac NH_3 antes, durante y después de las aplicaciones de los químicos (ver Anexo 1). De igual forma se elaboró un formato para el monitoreo del peso (ver Anexo 2) y tallaje de las aves (ver Anexo 3) y adicionalmente el formato de enfermedades o lesiones (Ver Anexo 4).

Para realizar la primera medición de NH_3 en etapa inicial del crecimiento se esperaron 12 días en los cuales los niveles de NH_3 se elevaran en los 4 galpones. Las mediciones fueron tomadas *in situ* por medio del equipo BASIC AMMONIA (NH_3) DETECTOR/METER MODEL: NH3000, el cual se utilizó para la elaboración de la fase experimental de este proyecto.

El equipo cuenta con un rango de 0-200 ppm de detección de amoniaco. Los muestreos diarios por cada galpón y se realizaron de la siguiente manera: a la altura del suelo 5, mediciones con un lapso de tiempo de 2 minutos cada uno y a nivel de las cabezas de las aves también se aplicaron 5 mediciones con el mismo lapso de tiempo de 2 minutos, diariamente se realizaron dos mediciones, una en la mañana y la otra en la tarde, siendo la primera a las 7:00 am y la segunda a las 7:00 pm.

Tabla 4. Total, de datos en campo.

MEDICIONES DIARIAS DE NH ₃ EN PPM					TOTAL DE MEDICIONES DIARIAS POR GALPÓN	TOTAL DÍAS DE MEDICIÓN	TOTAL DE MEDICIONES POR GALPÓN EN FASE EXPERIMENTAL
GALPONES	MAÑANA Diario x 45 días (7:00 AM)		TARDE Diario x 45 días (7:00 PM)				
MEDICION A LA ATURA DE	CABEZA	SUELO	CABEZA	SUELO			
GT	5	5	5	5	20		680
G1	5	5	5	5	20		680
G2	5	5	5	5	20	34	680
G3	5	5	5	5	20		680
TOTAL DE DATOS OBTENIDOS EN CAMPO							2720

Nota. Los días de medición se cuentan a partir del día 12 del experimento, cuando el BASIC AMMONIA (NH₃) DETECTOR/METER MODEL: NH3000 detectó los primeros niveles de NH₃ en los galpones por Amador & Londoño, 2019.

Luego de tener niveles percibibles de amoniaco NH₃ en todos los galpones, se procedió a realizar la aplicación de los productos químicos. Para esto, se manejó de la siguiente manera: se establecieron 4 dosificaciones, aplicadas en 8 aspersiones, los tiempos de las aplicaciones son 48 horas aumentando la dosificación de los productos cada dos aspersiones debido a que estas son directamente proporcional a la presencia de amoniaco NH₃, es decir que cuando el amoniaco aumenta, se incrementa la dosificación en los productos, esto también está ligado al desarrollo del ave, ya que, a mayor tamaño, mayores deposiciones. Todo esto se realiza teniendo en cuenta la salud del animal, evitando efectos adversos en la salud por posible contaminación química y también de las concentraciones de amoniaco presentes en cada galpón.

Tabla 5. Dosificación inicial de productos químicos.

Producto Químico	Dosificación inicial
	Etapa 1 de levante
Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).	30 g en 3L
Sulfato de calcio (CaSO_4)	31 g en 15L
Microorganismos eficientes (ME)	30 ml en 1L

Nota. Consolidado de las primeras dosificaciones químicas, teniendo en cuenta la etapa del ave. Ver en anexo 5. Memorias de cálculo para las primeras dosificaciones por Amador & Londoño, 2019

7.2.2.1. Sulfato de Aluminio

Se aplicaron 30 gr de Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) en 3L de agua en la primera dosificación en el galpón G3.

7.2.2.2. Sulfato de Calcio

Se aplicaron 31 gr de Sulfato de Calcio (CaSO_4) en 15L de agua en la primera dosificación en el galpón.

7.2.2.3. Microorganismos Eficientes

Se tomaron 30 ml de EM como primera aplicación en 1L de agua para el galpón G2.

Las aplicaciones se realizaron por aspersión sobre la cama de cascarilla de arroz con ayuda de una fumigadora manual Royal-cóndor de 15 litros, teniendo en cuenta que el horario favorable para la aspersión es en la tarde debido a los vientos bajos, lo que impedía el contacto del producto de un galpón con otro, como lo muestra la rosa de vientos según el IDEAM para la ciudad de Villavicencio en donde nos arroja valores de entre 0 y 5,4 m/sg.



Figura 2. Rosa de vientos Villavicencio – Meta, tomado de (IDEAM, 2018)

Ahora bien, el pesaje y tallaje de las aves se efectuó semanalmente de manera manual, con el apoyo de un médico veterinario quien asesoró la investigación y que aportó conocimientos para determinar el estado de las aves. Para conocer los pesos y tallajes precisamos de la ayuda de una balanza Constant-Electronic Kitchen Scale modelo 14192-2038B y un metro de costura, para lo cual se tomaron 15 aves al azar en cada revisión realizando un promedio de peso en gramos y tallaje en cm de cada galpón. (Ver Anexos 2 y 3).

7.2.3. Fase 3: Análisis de resultados

Inicialmente se establecieron las variables dependientes e independientes para elaborar el modelo experimental, de regresión lineal simple, determinando el comportamiento de una variable (Y) con respecto a los valores de la variable dependiente (X). Para determinar la viabilidad del proyecto por medio de la evaluación de las variables establecidas, se planteó la correlación de las siguientes variables.

Tabla 6. Variables trabajadas.

PRODUCTO	TIEMPO DE LA PRUEBA (45 DIAS)
Sulfato de Calcio (CaSO ₄)	Concentración NH ₃ Max: 30 ppm Concentración NH ₃ Final: 14 ppm Peso: 2.258 gr Talla: 27 cm
Microorganismo Eficientes (EM)	Concentración NH ₃ Max: 24 ppm Concentración NH ₃ Final: 4 ppm Peso promedio: 2.278 gr Talla promedio: 27,1 cm
Sulfato de Aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃)	Concentración NH ₃ Max: 25 ppm Concentración NH ₃ Final: 6 ppm Peso promedio: 2.328 gr Talla promedio: 27,2 cm
Testigo (sin tratamiento)	Concentración NH ₃ Max: 48 ppm Concentración NH ₃ Final: 47 ppm Peso promedio: 2.213 gr Talla promedio: 26,5

Nota: variables tomadas en cuenta en cada uno de los galpones, con su respectivo tratamiento por Amador & Londoño, 2019.

Para poder analizar los obtenido en campo, fue necesario procesar la cantidad de datos para hacer un estudio adecuado, inicialmente se realizaron promedios para poder resumir la información y evaluar cada objetivo estadísticamente.

Para esto se utilizó la herramienta de Microsoft Excel y el software estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), con los modelos de correlación determinando la reciprocidad de dos variables y la regresión lineal, para poder determinar la relación lineal y predicciones existente entre dos variables.

La covarianza es el grado de concordancia de las posiciones relativas de los datos de dos variables. En consecuencia, el coeficiente de correlación de Pearson opera con puntuaciones tipificadas (que miden posiciones relativas) y se define como:

$$r_{xy} = \frac{\sum z_x z_y}{N} = 0$$

Ecuación 1. Correlación lineal de Pearson, tomado de laguna; 2009.

El fundamento del coeficiente de Pearson es el siguiente: Cuanto más intensa sea la concordancia (en sentido directo o inverso) de las posiciones relativas de los datos en las dos variables, el producto del numerador toma mayor valor (en sentido absoluto). Si la concordancia es exacta, el numerador es igual a N o -N, y el índice toma un valor igual a 1 o -1. (Laguna, 2009).

La correlación está dirigida a describir cómo es la relación entre las variables X (talla- peso) y (emisiones de NH₃), de tal manera que incluso se pueden hacer predicciones sobre los valores de la variable Y, a partir de los de X. Cuando la asociación entre ambas variables es fuerte, la regresión nos ofrece un modelo estadístico que puede alcanzar finalidades predictivas.

$$y = ax + b$$

Donde para hallara a se necesita de:

$$a = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Donde para hallara a se necesita de:

$$b = \frac{\sum y - a\sum x}{n}$$

Ecuación 2. Ecuación lineal de la correlación, tomado de laguna; 2009.

Interpretación de la ordenada en el origen a: Este parámetro representa la estimación del valor de Y cuando X es igual a cero.

Interpretación de la pendiente de la recta b: El coeficiente de regresión es muy importante, porque mide el cambio de la variable Y por cada unidad de cambio de X. Este parámetro informa cómo están relacionadas las dos variables en el sentido que indica en qué cantidad (y si es positiva o negativa) varían los valores de Y cuando varían los valores de la X en una unidad. De hecho, el coeficiente de regresión b y el coeficiente de correlación r siempre tendrán el mismo signo.

Si $b > 0$, cada aumento de X se corresponde con un aumento de Y;

Si $b < 0$, Y decrece a medida que aumenta X

Con el coeficiente de determinación, R^2 se quiere evaluar qué grado en el modelo de regresión lineal se ha encontrado a partir de un conjunto de observaciones para explicar las variaciones que se producen en la variable dependiente de éstas. La medida más importante de la bondad del ajuste es el coeficiente de determinación R^2 .

Este coeficiente nos indica el grado de ajuste de la recta de regresión a los valores de la muestra, y se define como el porcentaje de la variabilidad total de la variable dependiente Y que es explicada por la recta de regresión. Cuantos menos dispersos sean los residuos (los residuos o errores son la diferencia entre los valores observados y los valores estimados por la recta de regresión), mejor será la bondad del ajuste R^2 .

$$R^2 = 1 - \frac{eS^2}{S_e^2}$$

Ecuación 3. El coeficiente de determinación, R^2 , tomado de Laguna; 2009.

Las características de este coeficiente son:

R^2 es una cantidad adimensional que sólo puede tomar valores en $[0, 1]$

Cuando un ajuste es bueno, R^2 será cercano a uno (mayor será la fuerza de asociación entre ambas variables)

- Cuando un ajuste es malo, R^2 será cercano a cero (la recta no explica nada, no existe asociación entre X e Y)
-

$r = 0$ No existe correlación entre ambas variables
$0.00 \leq r < \pm 0.20$ Existe correlación no significativa
$\pm 0.20 \leq r < \pm 0.40$ Existe una correlación baja
$\pm 0.40 \leq r < \pm 0.70$ Existe una correlación significativa
$\pm 0.70 \leq r < \pm 1.00$ Existe un alto grado de correlación
$r = 1$ Existe una correlación perfecta positiva
$r = -1$ Existe una correlación perfecta negativa

Figura 3. Rangos para correlación lineal (R) de Pearson, adaptado de Laguna; 2009.

Teniendo en cuenta los niveles de amoniaco que se presentan en los galpones, se ha dado un rango de vulnerabilidad a la exposición de las aves para denotar una validación en los datos tomados en campo.

Tabla 7. Rango de vulnerabilidad para niveles de NH_3 en las aves de corral.

Rango de ppm de NH_3	Riesgo	Efectos
0-20	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> • Tolerables
20-50	Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de apetito • Congestión de las mucosas • Congestión pulmonar • Irritación ocular • Lagrimas
50-100	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Síndrome de cabeza hinchada (SHS) • Síndrome Newcastle • Querato conjuntivitis • Muerte

NOTA. Rango, riesgo y efectos del NH_3 en un sistema de producción avícola, adaptado de (Blacido & Guido, 2008)

7.2.4. Fase 4: Formular

Con base en los resultados obtenidos, se plantea la propuesta de control del NH_3 para un sistema productivo avícola a pequeña escala, mediante medidas que permitan mejorar el sistema de tratamiento del NH_3 , optimizando la producción en aspectos técnicos y ambientales, para los productores avícolas determinando que tratamiento es el mejor para la producción.



Figura 4. Diagrama de flujo de la investigación, por Amador & Londoño, 2019

8. Resultados

8.1. Fase 1: Acondicionamiento.

El inicio de la fase experimental del proyecto se realizó en el mes de septiembre de 2018, en donde inicialmente, se limpiaron y desinfectaron los galpones de la siguiente manera:

Extracción de todo el equipo del galpón: comederos, bebederos y tanques para agua, estos se lavaron se expusieron al sol y finalmente se les aplicó yodo al 10% como desinfectante a todo el equipo (10 ml yodo en 1 litro de H₂O). Luego de dejar secar el producto se procedió a instalar el circuito eléctrico para mantener la temperatura de las aves en las noches. También se instaló lona verde a modo de cortina véase en la (Figura 5) en los respectivos galpones, para que estos se mantuviesen aislados del resto, evitando contactos entre galpones que pudieran ser perjudiciales para la investigación.

Pasada una semana de la adecuación de los galpones, se procedió a incorporar las aves el día martes 25 de septiembre de 2019, 30 aves en su respectivo cajón.

8.2. Fase 2: Desarrollo de la fase experimental

8.2.1. Seguimiento del ave:



Figura 5. Incorporación de las aves, por Amador & Londoño, 2019.

Ese mismo día, se midieron y pesaron las aves, para esto se tomó una muestra poblacional de 15 aves por galpón para que los datos fuesen más representativos evitando sesgos de información, para realizar el pesaje fue necesario utilizar la balanza Constant-Electronic Kitchen Scale modelo 14192-2038B y la toma de las medidas del pollo, con un metro de costura; esta acción se siguió realizando cada 8 días, logrando llevar un seguimiento en el crecimiento de las aves.



Figura 6. Primera medición de las aves, por Amador & Londoño, 2019.



Figura 7. Primer pesaje de las aves, por Amador & Londoño, 2019

En cada sesión en las cuales se revisaba el seguimiento al desarrollo del ave, se aprovechaba para revisar el estado de salud de los animales, con la compañía del Médico Veterinario y Zootecnista colaborador de este proyecto Joan Londoño Ríos.

En todo el proceso, se pudo observar que las aves, a medida que se elevaban los niveles de amoníaco NH_3 y que se hacían más fuertes los olores, presentaban estornudos debido a irritaciones o alteraciones en el sistema respiratorio, según lo explicado por el veterinario asesor,

las irritaciones de las mucosas ocasionan que las aves tengan pérdida de apetito, situación por la cual se presenta un atraso en el desarrollo normal de las aves.

Las irritaciones en las mucosas, se presentaron con más frecuencia en el galpón testigo debido a que este galpón no tuvo ningún tratamiento para controlar el NH_3 , los niveles llegaron hasta 62 ppm de amoníaco, lo que trajo consigo las molestias en las aves, como congestión de las mucosas e irritación ocular en las aves del GT una característica importante para determinar el efecto del amoníaco en las aves fueron los estornudos, se tiene en cuenta que estos no solo se presenta cuando existe la presencia de amoníaco, sino que también puede ser por otros factores ambientales, pero en este caso se puede decir que esta característica ayudó a determinar cómo se afectaban los pollos con el amoníaco, debido a que los galpones G1, G2 y G3; presentaron pocos casos de estornudos en los días en los cuales aún no se había empezado con la aplicación de los químicos y luego de las aspersiones no se volvieron a presentar. Afortunadamente no se tuvo casos de enfermedades graves en las aves, debido a los tratamientos realizados, pero si las aves del galpón testigo hubiesen estado más tiempo, se habrían podido presentar casos de alto riesgo.

8.2.2. Seguimiento y Control de amoníaco:

El seguimiento y control del amoníaco NH_3 , se realizó diariamente, desde la primera llegada de las aves, siendo estas las primeras mediciones de 0 ppm, puesto que los niveles de amoníaco no eran aun perceptibles para el equipo BASIC AMMONIA (NH_3) DETECTOR/METER MODEL: NH3000, razón por la cual se esperó a que el amoníaco llegara al punto en que pudiese ser detectado, y esto ocurrió el día 12 de la corrida experimental, en donde se pudo observar que el equipo señalaba nivel de 1 ppm , luego de varios días, los niveles de amoníaco se incrementaron provocando malos olores en los galpones.



Figura 8. Primera medición detectable de 1 ppm de NH₃, por Amador & Londoño, 2019.

El aumento de los olores ofensivos, trajo consigo la proliferación de vectores, los cuales incomodaban a las personas residentes de la Finca Villa Tere, pues la vivienda estaba atestada de moscas. Situación, la cual se controló después de realizadas las aplicaciones de los productos químicos en los galpones, ya que disminuyeron los malos olores en los mismos, frenando la propagación de las moscas en los galpones G1, G2 y G3. Teniendo en cuenta que en galpón testigo también se disminuyeron las moscas, debido a que con los tratamientos las mantenían alejadas, pero aun así no se radicaron del todo.

El amoníaco era cada vez más perceptible y se requirió mayor cantidad de datos para realizar un mejor análisis en este proyecto. Se aumentaron por consiguiente las mediciones a 5 en cada galpón. Estos puntos fueron las zonas del galpón donde más se acomodaban las aves dentro del cajón, las cuatro esquinas y el centro del mismo.

Esta metodología de medición se realizó diariamente a la altura del suelo, y a la altura de la cabeza de las aves como lo muestra la Tabla 4. En cuanto a las mediciones, se realizaron en horas de la tarde, la primera aplicación de los productos se realizó el día 28 del experimento. Es decir 22 de octubre del 2018, antes de cada aspersión se realizó la toma del amoníaco, para compararlo con el resultado del día siguiente en la mañana, observando la variación de los niveles de NH₃ en cada galpón.



Figura 9. Aplicación por aspersión de productos químicos, por Amador & Londoño, 2019.

8.3. Fase 3: Análisis de resultados

La aplicación de los reactivos se aumentó el doble cada cuatro días de acuerdo a las consideraciones tomadas por los investigadores adicionalmente la periodicidad de las aspersiones fue de 48 horas, ya que, al realizarlas todos los días, la cama de cascarilla se mojaría en extremo.

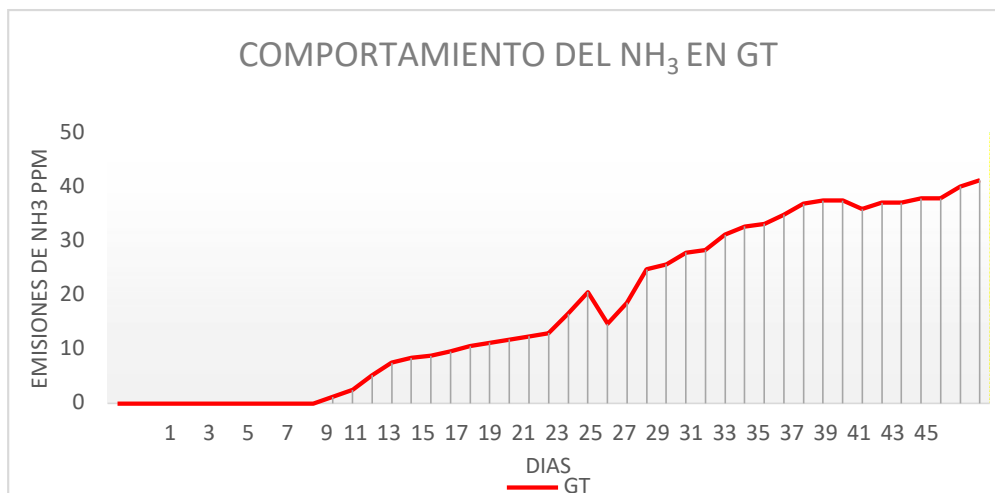
Tabla 8. Dosificaciones de productos.

GALPON	PRODUCTO	DOSIFICACIONES			
		1	2	3	4
G1	Sulfato de calcio (CaSO ₄)	31 g en 15L	41 g en 20 L	81 g en 40L	SUSPENDIDO
G2	Microorganismos eficientes (ME)	30 ml en 1L	40 ml en 2L	80 ml en 2L	160 ml en 4L
G3	Sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃).	30 g en 3L	40 g en 4L	80 g en 8L	100 g en 10 L

NOTA. Cada una de las dosificaciones se realizaron 2 días, la primera se realizó los días 28 y 30, la segunda los días 33 y 35, la tercera los días 37 y 39 y la cuarta los días 41 y 43. El galpón 1 (G1) no tuvo cuarta dosificación debido a la alta humedad en la cama de cascarilla, por Amador & Londoño, 2019.

Para empezar a discutir la eficiencia de los productos utilizados, primero se debe tener en cuenta como se comporta la producción del amoníaco NH₃, en un sistema avícola a pequeña escala. En este caso, son importantes los datos obtenidos en campo del galpón testigo GT, y

asi poder establecer la relación que existe entre la produccion del amoniaco y el desarrollo del ave. A continuación, se observa el comportamiento del NH_3 en el galpón testigo durante todo el ciclo de producción avícola.

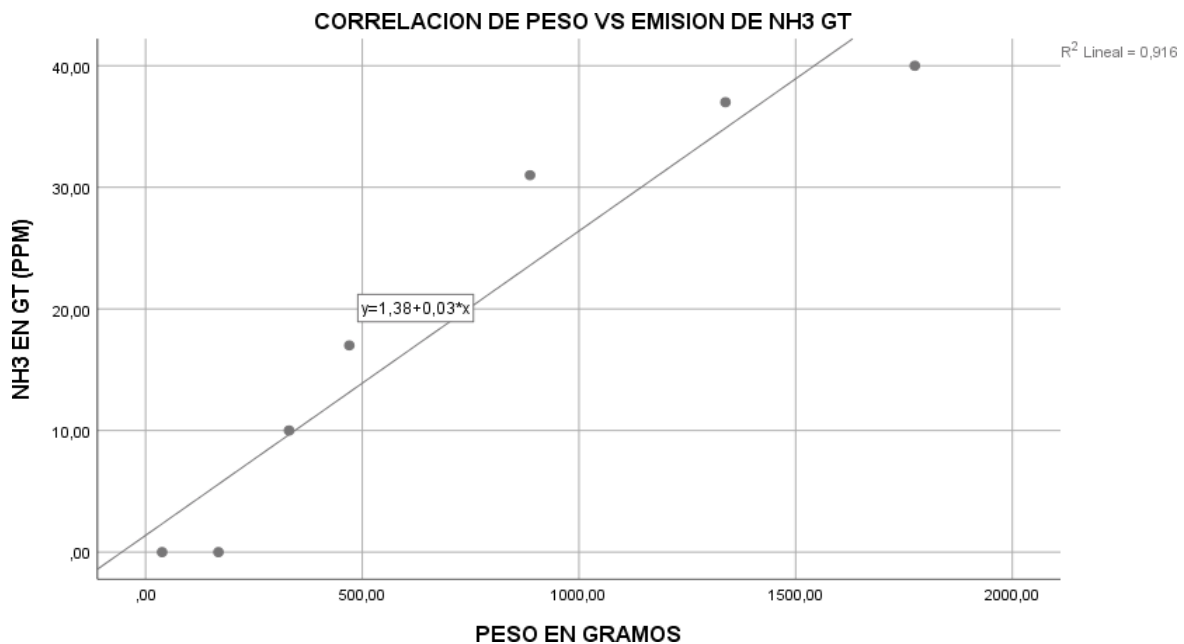


Gráfica 1. Comportamiento de amoniaco en el galpón testigo (GT), por (Amador & Londoño) 2019.

Se observa un aumento exponencial en el comportamiento del amoniaco en el galpón testigo (GT) ya que no se le realizó ningún tratamiento. Se aprecia que en el momento en que se ingresan las aves al galpón no se detectan niveles de amoniaco por lo cual, los valores arrojados por el BASIC AMMONIA (NH_3) DETECTOR/METER MODEL: NH3000 fueron de 0 ppm hasta el día 12 en donde se empezaron a registrar valores de 1 ppm; desde ese día en adelante se esperaba que producción de amoniaco con ritmo constante y en forma exponencial hasta el día 45 con un valor de promedio de 41 ppm al finalizar la producción. Los resultados obtenidos en la producción de amoniaco están dentro de lo esperado (Macías Alvia et al., 2019). Se realizó el volteo de la cama el día 26 en la mañana, evidenciado una drástica disminución de amoniaco, ya que la cascarilla que se encontraba en la parte superficial y que tenía las heces de las aves producidas hasta ese día se mezcló con la cascarilla limpia que se encontraba en la parte inferior, quedando la cama de las aves con unos niveles de amoniaco de 15 ppm, el volteo es una técnica que disminuye los niveles de amoniaco, pero es efectiva solamente en los primeros días de la estancia del ave en el galpón, debido a que luego de tres volteos o más cama tendría las heces tanto en la capa superior como inferior con una distribución uniforme de las heces y los olores ofensivos volarían a presentarse.

Según (Blacido & Guido, 2008), las aves en este cajón estuvieron expuestas a niveles de riesgo medio-alto, en donde 20 aves presentaron irritación en las mucosas al final de la producción, lo que llevo a la pérdida de apetito y el desarrollo atrasado del pollo. (Ver Anexo 4).

Para conocer el estadísticamente el comportamiento de NH_3 se implementó el software estadístico SPSS, utilizando el modelo de correlación lineal cruzando los datos de peso y emisiones de NH_3 dadas por el galpón testigo, el cual muestra la producción de amoniaco que se da naturalmente en un sistema avícola, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:



Gráfica 2. Correlación de peso y NH_3 en galpón testigo en SPSS, por Amador & Londoño, 2019.

Tabla 9. Correlaciones obtenidas con el Software estadístico (SPSS).

		PESAJE EN GRAMOS (MASA)	NH ₃ EN GT PPM
PESAJE EN GRAMOS	Correlación de Pearson	1	,957**
	Sig. (bilateral)		,001
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	2506331,429	62739,429
	Covarianza	417721,905	10456,571
	N	7	7
NH ₃ EN GT PPM	Correlación de Pearson	,957**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	62739,429	1715,429
	Covarianza	10456,571	285,905
	N	7	7

Nota: La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral), por Amador & Londoño, 2019.

Tabla 10. Pruebas de normalidad obtenidas con el Software estadístico (SPSS).

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
PESO EN GRAMOS	,219	7	,200*	,916	7	,440
NH ₃ EN GT (PPM)	,184	7	,200*	,891	7	,281

Nota: *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera y donde a: Corrección de significación de Lilliefors, por Amador & Londoño, 2019.

Tabla 11. Resumen del modelo obtenido con el Software estadístico (SPSS).

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio	
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F
1	,957 ^a	,916	,899	5,38352	,916	54,189

Nota: resumen del modelo de correlación lineal simple para galpón 1, por Amador & Londoño, 2019.

Tabla 12. Análisis ANOVAa obtenido con el Software estadístico (SPSS).

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1570,517	1	1570,517	54,189	,001 ^b
	Residuo	144,912	5	28,982		
	Total	1715,429	6			

Nota: a. Variable dependiente: NH₃ EN GT (PPM) y b. Predictores: (Constante), PESO EN GRAMOS; ANOVA es igual al cambio de la varianza, por Amador & Londoño, 2019.

De acuerdo a la información arrojada por el software SPSS, los datos de las variables siguen una distribución normal, con un valor de la correlación significativa en el nivel 0,01 (bilateral). De acuerdo a las pruebas de normalidad por medio de Shapiro-Wilk que se encuentra en la (Tabla 10) hay un nivel de significancia alto. Lo que demuestra la aceptación del estudio en cuanto a las emisiones de amoníaco y el desarrollo del ave en el tiempo.

Ahora, por medio de los estadísticos paramétricos podemos ver los datos del resumen obtenido de los modelos utilizados. (Tabla 11). R^2 = Este expresa la proporción de varianza dependiente las cuales son las emisiones de NH₃, explicada por la variable independiente que es la masa del ave. Indicando que el 91,6 % de la variación de las emisiones de NH₃ es proporcionada por el desarrollo en tamaño y peso (masa) del animal en el tiempo; esto quiere decir que, a mayor desarrollo del ave, mayor deposición realiza, por lo que se incrementan las emisiones de amoníaco en el galpón.

Apreciando el R dado de 0,957 y con respecto a los Rangos para correlación lineal (R) de Pearson dados en la (Ecuación 1). Se tiene que se presenta un alto grado de correlación de peso y emisiones de NH₃ con un porcentaje de 95,7%.

Es importante de igual forma tener presente el dato del análisis ANOVA (cambio de la varianza), el cual está especificado en la Tabla 12. En donde se puede observar que se acepta el determinado estudio, ya que se tiene que $(p=0,001) < (f=0,05)$ por lo que se rechaza la hipótesis nula HO: R=0 en donde no existe ninguna relación de las emisiones de NH₃ con respecto al desarrollo del ave, por lo tanto se acepta H1: R>0 en donde se demuestra que las variables están netamente relacionadas y da a los investigadores la aprobación del primer objetivo del estudio determinando cómo se comporta la producción del NH₃ en el sistema avícola.

Después de saber que las variables están relacionadas, se realizó la asociación entre ambas variables, con la ecuación lineal entre la variable (Y) y la variable (X) que ofrece un modelo estadístico que puede alcanzar finalidades predictivas. Como se observa en la (Ecuación 2).

Se sabe que, a mayor desarrollo del ave, hay mayor presencia de NH₃, es indispensable saber cómo realizar un control sobre este para mejorar la calidad ambiental dentro de los galpones, tanto para los animales, como para los productores.

Se desarrolló la siguiente ecuación, permitiendo obtener los siguientes valores.

$$y = a(x) + b$$

$$y = -0,01756045(x) + 31,7548033$$

Ecuación 4. Solución de ecuación lineal de correlación, por Amador & Londoño, 2019.

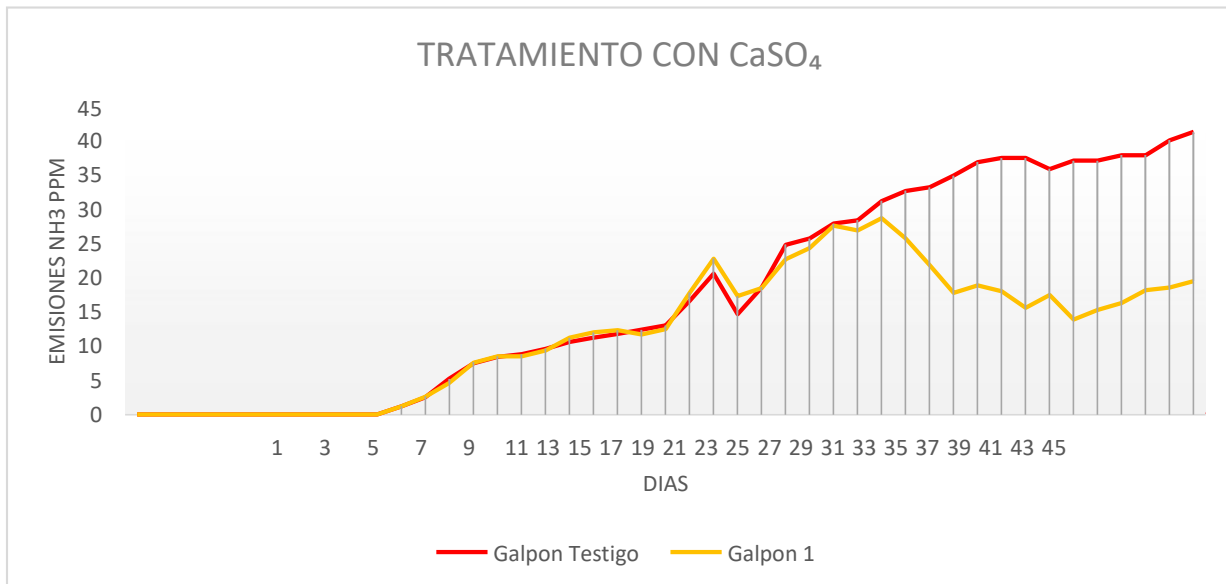
Tabla 13. Predicción de emisiones de NH₃ acuerdo al peso del ave.

Peso en gramos	Predicción de NH ₃ (PPM) por peso en un sistema de producción avícola de 30 pollos
250	8
500	14
750	20
1000	26
1250	33
1500	39
1750	45
2000	51
2250	58
2500	64

Nota: Predicción de NH₃ en (PPM) de acuerdo al peso (masa) de ave en un sistema de producción avícola de 30 pollos, por Amador & Londoño, 2019.

Acontinuacion, se observa el comportamiento que tuvo el NH₃ en cada uno de los galpones durante toda la fase experimental.

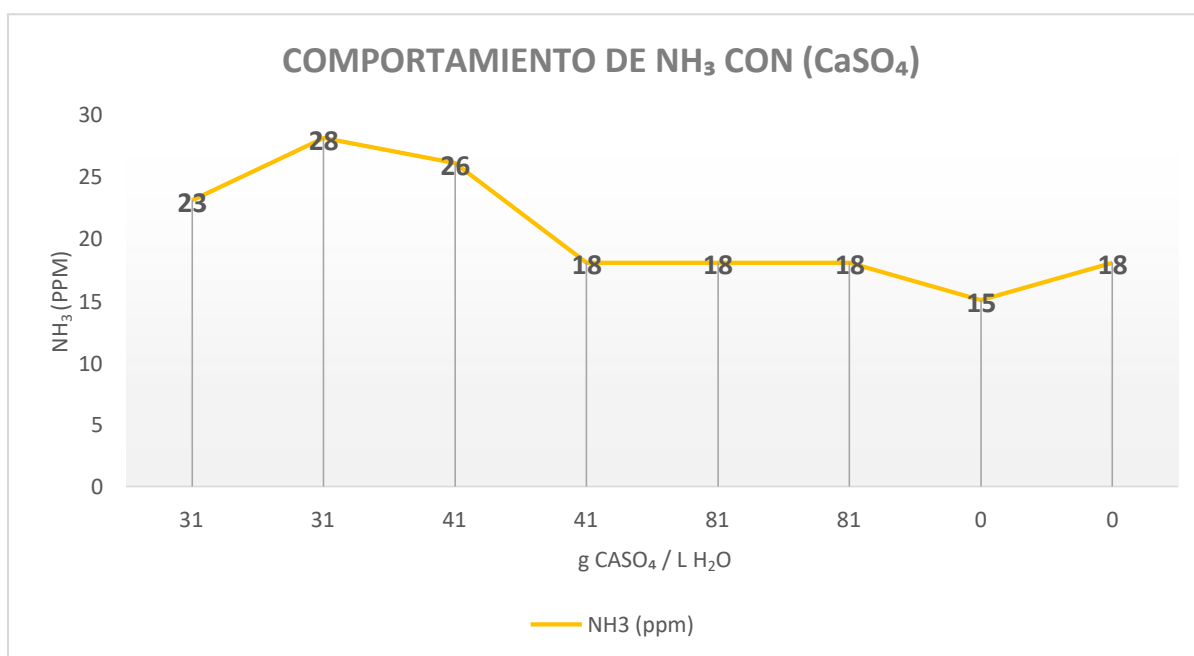
Caso de galpón 1 (G1) con tratamiento de sulfato de calcio (CaSO₄).



Gráfica 3. Comportamiento de NH₃ en G1, por Amador & Londoño, 2019

Se puede observar en forma gráfica la variación en el comportamiento del amoníaco en el galpón 1 (G1), causado por la aplicación del producto químico, el cual fue el Sulfato de Calcio (CaSO_4), los datos aquí graficados son la media de los datos diarios tomados en (mañana y tarde) en el galpón desde el principio hasta el final del experimento, cruzada con el comportamiento del amoníaco en el galpón testigo, lo cual deja ver la eficiencia del químico utilizado para el tratamiento de G1.

Se observa que, al principio del experimento, no se detectaron niveles de amoníaco y esto no sucedió sino hasta el día 12, en donde los valores percibidos por el BASIC AMMONIA (NH_3) DETECTOR/METER MODEL: NH3000 fueron de 1 ppm, que luego empezó a crecer exponencialmente, hasta la aplicación del tratamiento con sulfato de calcio. Este producto tuvo una eficiencia de remoción de amoníaco de un 31% con respecto al galpón testigo, además se dejó en claro que los animales no tuvieron ningún problema con la presencia del químico, al no presentar síntomas adversos a este.



Gráfica 4. Comportamiento NH_3 con Sulfato de Calcio (CaSO_4), por Amador & Londoño, 2019.

El día 28 del experimento se realizó la primera aplicación de Sulfato de Calcio (CaSO_4) en una concentración de 31g (CaSO_4) en 15 litros de H_2O en horas de la tarde, lo que no provocó disminución significativa de amoníaco. Se debe tener en cuenta que los efectos del tratamiento no son inmediatos, y que requieren de tiempo para observar su efecto.

Para la segunda aplicación, el día 30 se encontraban 28 ppm de NH_3 en el G1 a lo que se aplicó nuevamente la misma cantidad de producto, y con este ya se pudo observar un cambio en el comportamiento del amoníaco pasando de 28 a 26 ppm. Luego en la tercera concentración del químico aplicada el día 33, teniendo en cuenta que se tardó 72 horas en realizarla y no 48 como estaba previsto, se procedió a aumentar a 41g (CaSO_4) en 20 litros de H_2O , logrando gran impacto, ya que se redujeron 8 ppm de NH_3 quedando en una concentración de 18 ppm, lo que se mantuvo en el tiempo y con dosificaciones más fuertes como lo fue la tercera de 81g (CaSO_4) en 40 litros de H_2O aplicada los días 37 y 39 se mantuvo un efecto de en el control del NH_3 .

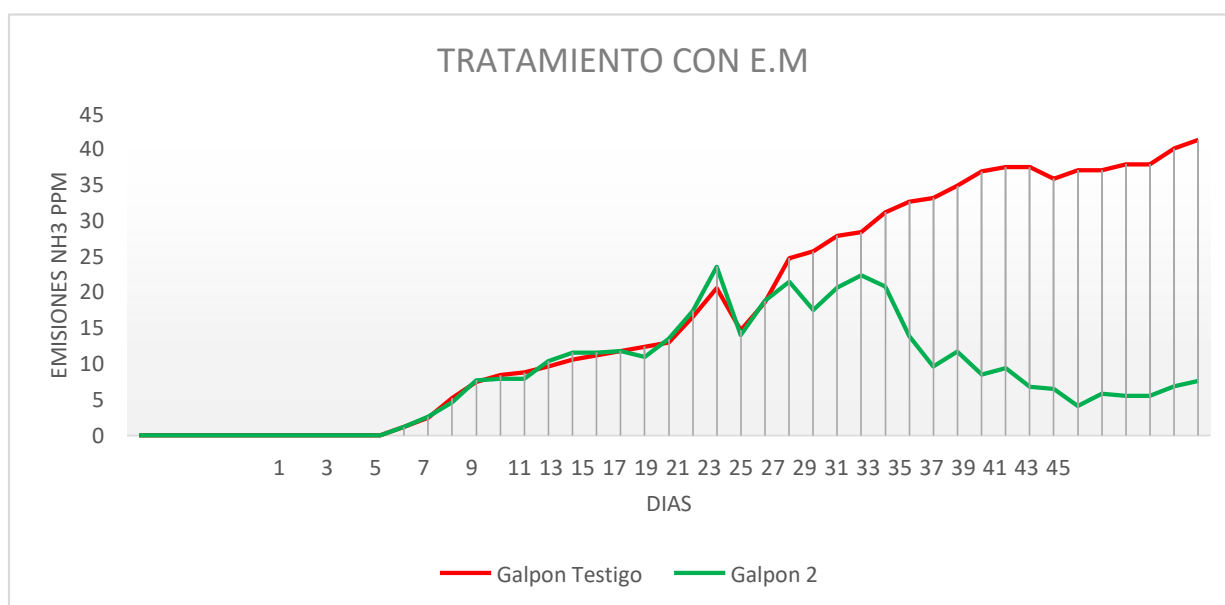
Teniendo en cuenta que el sulfato de calcio es poco soluble en el agua 2 g (CaSO_4) en 1 litro H_2O según (Enciclonet, 2016). Las cantidades de agua necesarias para aplicar el producto son elevadas y estas incrementaban cada vez que se realizaba el aumento en la dosificación. Debido a esto la cama de cascarilla de arroz de este galpón tuvo aumento en la humedad, razón por la cual se determinó la suspensión de la cuarta dosificación, en función de la información proporcionada por el médico veterinario y zootecnista asesor, se determinó no empapar más la cama del galpón ya que se podría presentar alteraciones en la salud del pollo, como la aparición de la pododermatitis que es el resultado del contacto prolongado de la piel plantar con una cama mojada o húmeda (en mal estado) y aumento de infecciones bacterianas secundarias en los pollos (Barger, 2016). Razón por la cual se tiene dosificación de 0, hay que resaltar que el valor de 15 ppm visto en la Gráfica, como ya se había mencionado se debe a que los efectos del producto son permanentes en el tiempo y este es un efecto colateral de las dosificaciones de los días anteriores y como se puede ver, después de esto los niveles de amoníaco vuelven a subir.

El producto no es lo suficientemente efectivo para atenuar las emisiones de amoníaco presentes en un sistema avícola a pequeña escala, pues necesita de grandes cantidades de agua lo que se traduce en una gran desventaja, pero esto no fue impedimento, para que se

disminuyeran los niveles de amoniaco llegando a un rango medio (20-50 ppm) de vulnerabilidad para las aves con una producción final de 20 ppm de NH_3 .

Aunque se tenía el conocimiento que este producto necesitaba de grandes cantidades de agua, se pretendió demostrar la eficiencia de este químico en forma soluble determinando si de esta forma también era probable ser utilizado y que fuese eficiente.

Caso de galpón 2 (G2) con tratamiento de microorganismos eficientes (E.M).

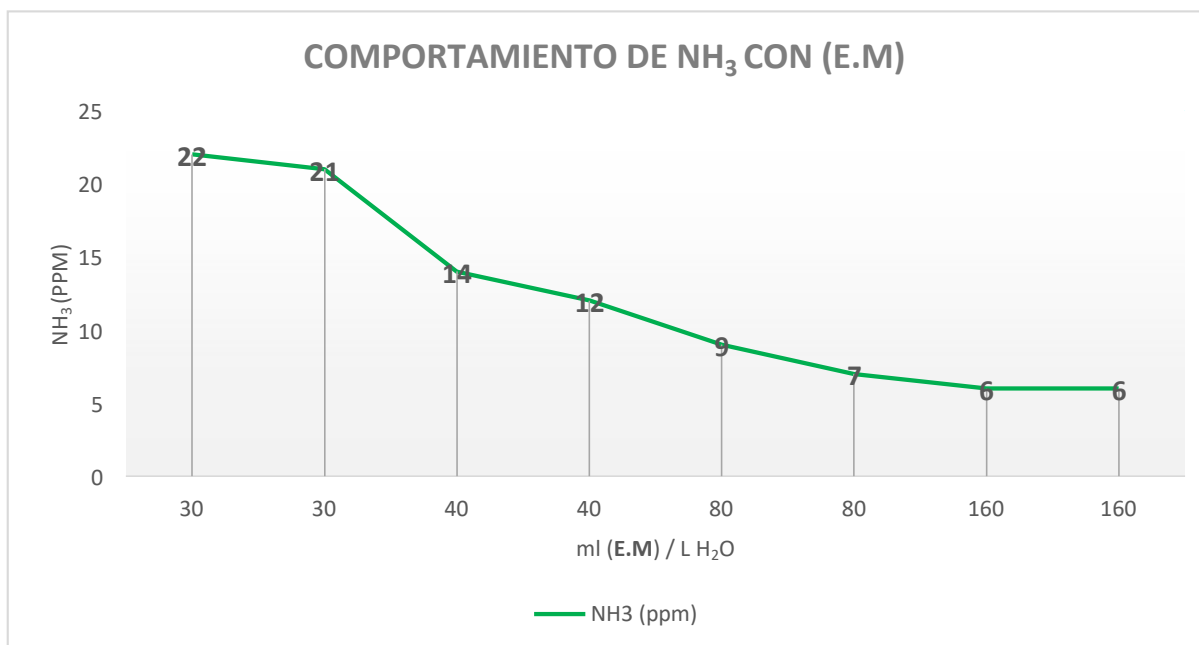


Gráfica 5. Comportamiento de NH_3 en G2, por Amador & Londoño, 2019.

Se observa la variación del comportamiento del amoniaco en el galpón 2 (G2), junto con el comportamiento en el galpón testigo para demostrar que tan eficiente fue el tratamiento con respecto a no utilizar tratamiento para controlar el amoniaco en una actividad avícola a pequeña escala. Como en el caso anterior el BASIC AMMONIA (NH_3) DETECTOR/METER MODEL: NH3000 percibió los niveles de amoniaco el día 12 del experimento, después de esto se empezaron a ver incrementadas las emisiones de NH_3 , por lo que ya se hacía percibirle al olfato. Igual que en los galpones anteriores, en este también se realizó un volteo de cascarilla, lo que explica el descenso abrupto en la gráfica para el día 26, a pesar de esto los valores de las

emisiones de NH_3 se regularon incrementándose exponencialmente hasta el día de la primera ejecución del tratamiento.

Para el tratamiento del G2 se utilizó Microorganismos Eficientes (E.M). El comportamiento del NH_3 con E.M con respecto al comportamiento del NH_3 del GT, tuvo una eficiencia en la disminución de las emisiones del 52%.



Gráfica 6. Comportamiento del NH_3 con Microorganismo Eficientes (EM), por Amador & Londoño, 2019.

La primera aplicación de los E.M el día 28 empezó con un registro de 22 ppm y con una dosificación de 30ml (E.M) en 1 litro de H_2O en donde se vio reflejada una disminución de 1 ppm, luego para la segunda aplicación con la misma dosificación se redujo en 7 ppm de amoníaco en el galpón.

Para el día 33 y luego de 72 horas, se aumentó la dosificación a 40ml (E.M) en 2 litros de H_2O se presentó una disminución de 2 ppm Para las dosificaciones de 80ml (E.M) en 2 litros de H_2O y de 160ml (E.M) en 4 litros de H_2O los niveles de amoníaco se mantuvieron controlados

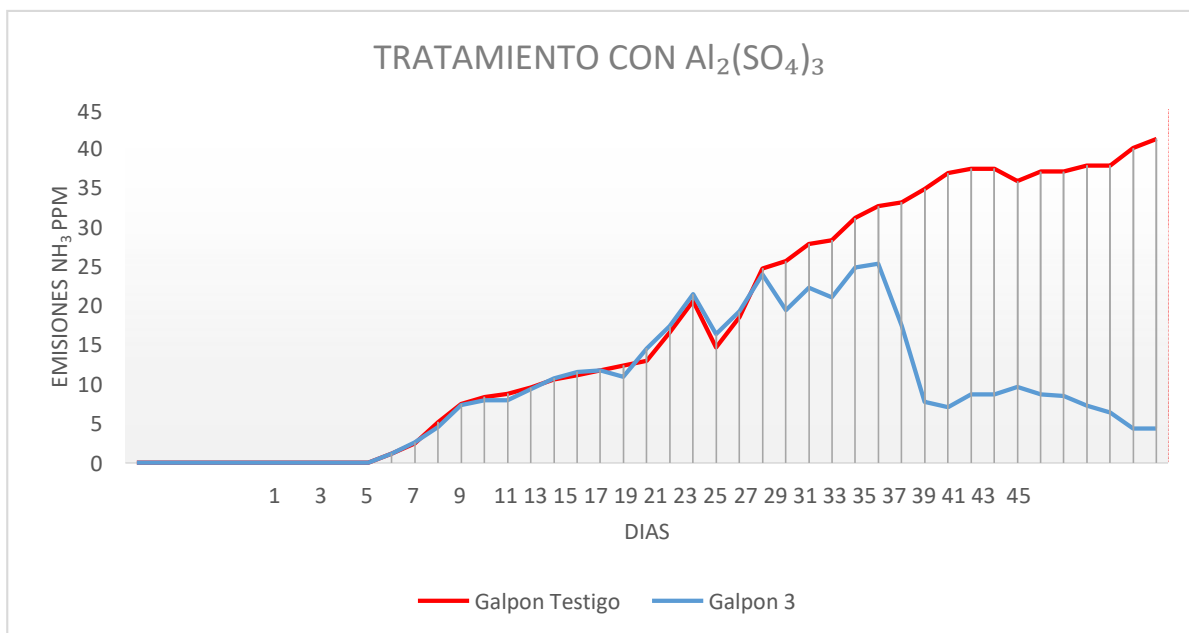
en concentraciones por debajo de las 9 ppm, lo que indica un riesgo bajo, con un ambiente muy tolerable para la salud del ave.

Cabe resaltar que el día 43 fue la última aplicación, pero hasta el día 45 se vio reflejado descenso en el amoniaco como parte del efecto permanente en el tiempo del producto.

En este caso se notó un mejor desarrollo del ave con respecto al crecimiento de las aves del galpón testigo. Lo cual hace pensar que controlar las emisiones de amoniaco contribuye al pollo al crecer de forma adecuada. Además, se controló la proliferación de vectores y se disminuyó el fuerte olor a amoniaco.

El éxito de este tratamiento se debe a los microorganismos presentes en el inculo microbial, de Fundaces ya que se encuentran presentes *Lactobacillus casei* 1.0×10^6 UFC/ml, *Saccharomyces cerevisiae* 2.0×10^4 UFC/ml y *Rhodopseudomona palustris* 2.5×10^5 UFC/ml, las cuales debido a su característica facultativa con metabolismos aerobio y anaerobio sobreviven en distintos ambientes contaminados. Estos aumentan la producción de ácido láctico evitando la descomposición de la fracción nitrogenada que se revela por la generación de olores amoniacaes en la gallinaza, generando mayores cantidades de nitrógeno orgánico disponible y mejorando la estabilidad de la misma. (Estrada Pareja, 2005).

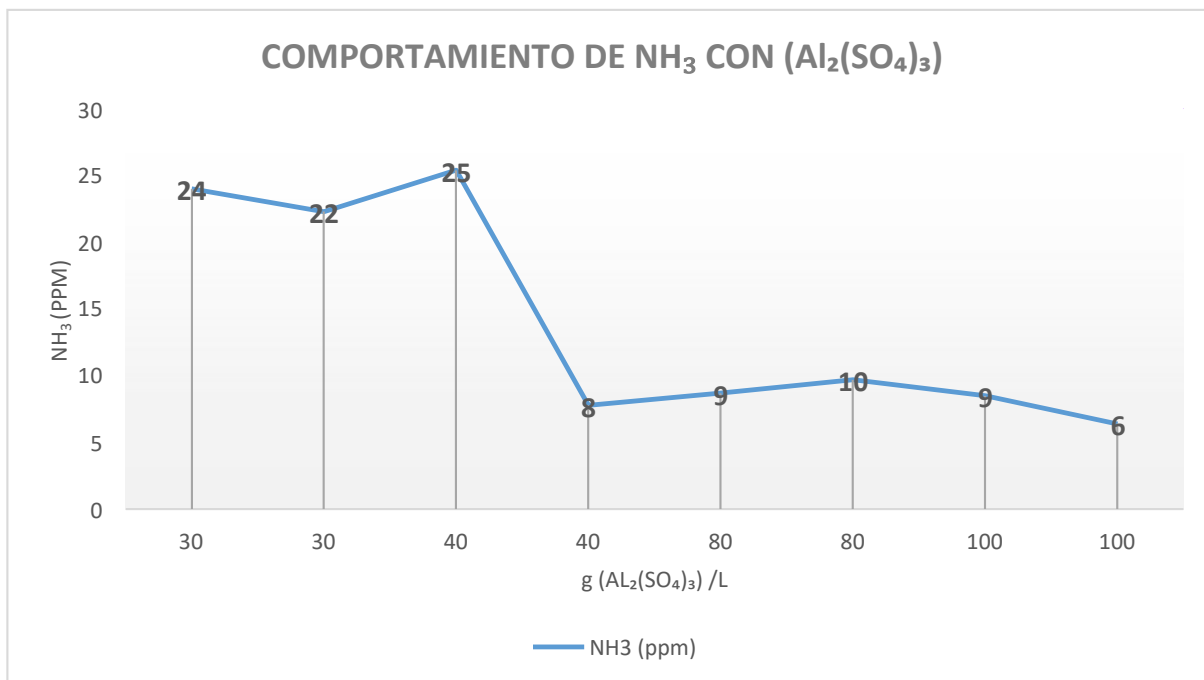
Caso de galpón 3 (G3) con tratamiento de sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).



Gráfica 7. Comportamiento de NH_3 en G3, por Amador & Londoño, 2019.

Se logra ver el comportamiento del amoniaco en el galpón 3 (G3), como también el comportamiento en GT, se pudo evidenciar variación en los niveles de amoniaco, al momento de reaccionar con el sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) que fue el producto a utilizar en este tratamiento.

Igualmente, en este caso los valores se percibieron el día 12, y se manejaron los mismos tiempos de aplicación del químico, pero a diferentes concentraciones. Como en las demás gráficas, los valores diarios de las emisiones en estas graficas son la media de los valores tomados en la mañana y en la tarde.



Gráfica 8. Comportamiento del NH_3 con Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) por Amador & Londoño, 2019.

De acuerdo a las dosificaciones manejadas para el sulfato de aluminio en el galpón 3, se tiene que hubo una efectividad del 48% en la reducción de emisiones de amoniaco con respecto al galpón testigo, para las dosificaciones se debe tener en cuenta que la solubilidad de este producto es de $87\text{g}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$ en 1 litro de H_2O según lo dicho en (Silicatos y derivados, 2012). Y de acuerdo a (Pizarro et al., 2009), este se aplica sobre la zona de crianza a razón de $40\text{g}.$ - $60\text{g}.$ / m^2 , razón por la cual la primera dosis del día 28 del experimento fue de $30\text{g}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$ en 3 litros de H_2O teniendo en cuenta el tamaño del ave; con esta aplicación se pudo observar una

disminución de 2 ppm después de 48 horas con respecto a los niveles iniciales de 24 ppm de NH_3 en el galpón 3.

De la segunda a la tercera aplicación y como en los demás galpones se tuvo un tiempo de 72 horas sin aplicación de tratamiento, por lo luego se aumentó la dosis de sulfato de aluminio a 40gr ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) en 4 litros de H_2O permitiendo la reducción del amoniaco a 8ppm. Luego de estas aplicaciones se duplicó la dosificación debido a que las aves aumentaron en masa y elevaron la cantidad de deposiciones.

Las demás aspersiones, continuaron afectando el galpón positivamente, ya que se mantuvo el amoniaco en un rango de riesgo bajo-tolerable (0-20 ppm). Este tratamiento, aunque necesito grandes cantidades de agua, fue tolerado por la cascarilla con la ayuda de un poco de volteo, para moderar la humedad. Los animales no tuvieron efectos adversos con el químico, ni con la humedad en la cama. Estos resultados fueron posibles, debido a que el sulfato de aluminio se une al amoníaco y acidifica la cama del galpón logrando la canalización y ruptura del ácido úrico, evitándose los malos olores (Pizarro Rojas, 2006) Evitando así malos olores.

Esta investigación experimental utilizó el sulfato de aluminio en solución, para determinar la efectividad que tiene este producto al ser mezclado con agua. De antemano se conoce, gracias a las investigación de Buenas Prácticas de Manejo y Utilización de Cama de Pollo y Guano (Maisonave, Lamelas, & Mair, 2015) y también (Turner, 2008) se entiende que este producto se aplica de en seco unos 3 a 7 días antes de la llegada de los pollos. Contribuyendo a mejorar la calidad de aire dentro del galpón por reducción de la volatilización del amoníaco. Además, el Sulfato de Aluminio precipita parcialmente la fracción soluble de fósforo presente en la cama de pollo. Teniendo en cuenta lo anterior, se pudo comprobar que el ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) se puede aplicar en seco o soluble y aun así obtener buenos resultados, ya que lo importante es que la cama se mantenga con un PH se mantenga bajo entre 5-7 inhibiendo las bacterias productoras y patógenas, produciendo sales sólidas y no volátiles controlando así la propagación de olores y la contaminación odorífera generada por esta actividad. A partir de los resultados obtenidos en campo, se hará la identificación de los niveles de amoniaco en un sistema de producción avícola a pequeña escala y su relación con el desarrollo del animal:

8.4. Fase 4. Formular.

8.4.1. Propuesta de manejo para el NH₃ en producción avícola a pequeña escala.

Luego de haber visto las eficiencias de los tratamientos, en cuanto a disminución de la volatilidad del amoniaco (NH₃), se realiza un análisis comparativo para seleccionar el mejor tratamiento que contribuya con el buen manejo de la producción final del ave.

Para determinar que tratamiento tuvo mejores resultados, fue necesaria la implementación del software estadístico SPSS, por medio del cual se calcularon las correlaciones entre los niveles de amoniaco en cada uno de los galpones con sus respectivos tratamientos contra la masa (peso) promedio de las aves, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 14. Resultados de correlación lineal.

	Galpón 1 Tratamiento con (CaSO ₄),	Galpón 2 Tratamiento con (EM)	Galpón 3 Tratamiento con (Al ₂ (SO ₄) ₃)
R ²	0,450	0,053	0,040
R	0,670	0,230	0,199
ANOVA	0,0999	0,621	0,668

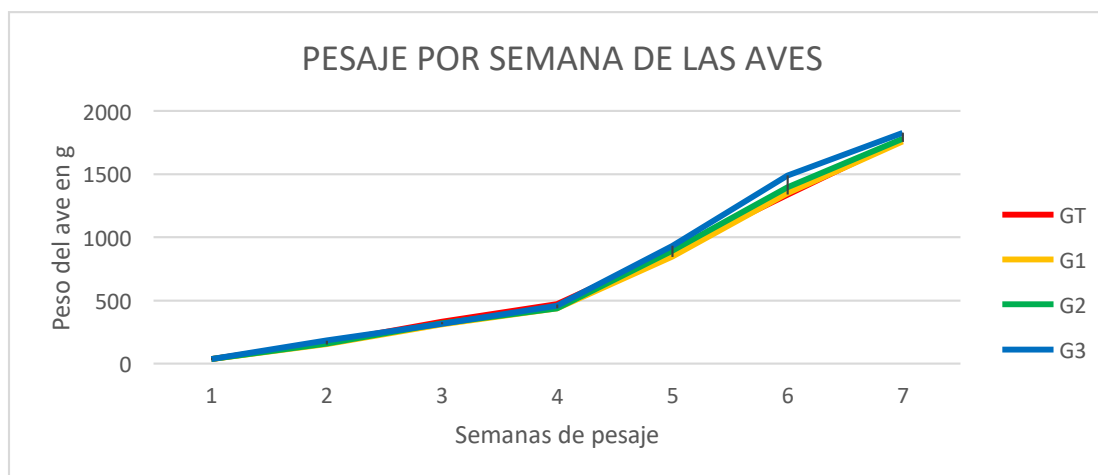
Nota: compilado de resultados obtenidos a partir del software estadístico SPSS, por Amador & Londoño, 2019.

Interpretando los resultados obtenidos, es posible definir el tratamiento que mejor se acoplo y obtuvo mejores resultados respecto a los demás estudiadas:

El tratamiento, que tiene mejores resultados en cuanto a control del amoniaco en el tiempo y por ende al control de olores fue el galpón 3 con sulfato de aluminio en un 40 %. Apreciando el R dado y con respecto a los Rangos para correlación lineal (R) de Pearson dados en la Figura 3; se tiene que el tratamiento con (CaSO₄)= correlación significativa, el tratamiento con (E.M)= correlación baja, y el tratamiento con Al₂(SO₄)₃ = correlación no significativa. Se debe tener presente, que a menor correlación existente entre los niveles de amoniaco y el peso (masa) el tratamiento es mucho más efectivo ya que es irrelevante el peso (masa) del animal con respecto a los niveles de amoniaco, ya que el tratamiento controla el NH₃. Así que entre menos correlación exista quiere decir que mejor funciona el tratamiento y en este caso el que se destacó más fue el

sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Este tratamiento no solo contribuyó a mantener en niveles bajos el amoníaco, sino que también logró una ganancia de pesos (masa) en las aves. Cabe resaltar que a todos los galpones se les dio la misma cantidad de comida.

La información antes dicha, se puede comprobar con la siguiente gráfica en donde se puede observar el incremento de la masa aproximada en gramos de las aves en cada uno de los galpones.



Gráfica 9. Pesaje en Kilogramos por semana de las aves por Amador & Londoño, 2019.

Podemos observar claramente que el galpón con el tratamiento de sulfato de calcio tuvo un mayor incremento en masa con respecto a los demás galpones.

Los comportamientos de peso en los galpones no fueron los ideales en una producción, debido a la cantidad de comida limitada a la que se vieron expuestos. Según (Avigen Group, 2014). Se vio reflejado un alza en la ganancia de peso del galpón 3 con respecto a los demás, en donde el peso promedio fue de 1.828 gr o 4,0 libras, con una ganancia de 54 gr por ave, lo que implica que al haber realizado el tratamiento por cada 30 aves se ganó 3.5 kg de peso extra en todo el proceso de producción.

Tabla 15. Promedio de peso por galpón en gr.

PROMEDIO DE PESO POR GALPON EN gr				
Pesajes	GT	G1	G2	G3
1	38	38	38	38
2	168	154	160	183
3	331	312	318	317
4	470	439	438	458
5	887	845	892	932
6	1338	1351	1395	1489
7	1775	1758	1779	1828
Diferencia		-17	4	54

Nota: promedios de peso (masa) del ave por semana, por Amador & Londoño, 2019

Los resultados de los porcentajes obtenidos tomando como referencia el galpón testigo (GT) resultaron que el mayor porcentaje de remoción fue para el galpón G3 el cual era tratado con el sulfato de aluminio dando un porcentaje de 3%, seguidamente por el galpón G2 con un porcentaje de 0,2% y de ultimo el galpón G1 con un porcentaje de 0%. También se puede observar el resultado en porcentaje de la ganancias de los galpones, en donde los resultados fueron los siguientes; el galpón G1 (0%), para el galpón G2 (6%) y para el galpón G3 (94%), este último teniendo el mejor porcentaje de ganancia de peso

Se propone, se maneje de la siguiente manera:

Tabla 16. Propuesta de manejo del NH_3 por medio del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

PRODUCCIÓN (AVES)	DOSIFICACIÓN 1		DOSIFICACIÓN 2		DOSIFICACIÓN 3		DOSIFICACIÓN 4	
	Agua (L)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (gr)	Agua (L)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (gr)	Agua (L)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (gr)	Agua (L)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (gr)
100	3 L	30 gr	4 L	40 gr	8 L	80 gr	10 L	100 gr
500	15 L	150 gr	20 L	200 gr	40 L	400 gr	50 L	500 gr
1000	30 L	300 gr	40 L	400 gr	80 L	800 gr	100 L	1000 gr

Nota: propuesta de manejo de tratamiento con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, por amador & Londoño, 2019.

Para esta propuesta de manejo del NH_3 por medio del Sulfato de Aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ se tuvo en cuenta la producción de aves que manejan los pequeños productores a pequeña escala. Teniendo en cuenta las dosificaciones empleadas en el galpón 3 (G3) se realizó una regla de 3 con el fin de encontrar las cantidades en gramos de sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ necesarias para las producciones de 100, 500 y 1.000 aves.

Las dosificaciones aquí especificadas se realizarán cada 72 horas debido a que las dosis son más altas que las utilizadas en este documento, debido a que se espera que con estas concentraciones del producto la reacción ocasionada por el sulfato de calcio perdure más en el tiempo y así evitar estresar las aves; en total son 8 aplicaciones de $Al_2(SO_4)_3$, esto quiere decir que cada dosificación se aplicará dos veces. El producto no es nocivo para la salud de las aves y no provocó ninguna afectación al entrar en contacto con las aves, pero sí provoca reacción con el NH_3 evitando que se volatilice y evita que el NH_3 incite alteraciones en las aves. No se tienen estudios los cuales expliquen o apoyen el comportamiento del buen desempeño en desarrollo del ave con respecto a ser expuesto a este producto, por lo que aún no se sabe con certeza que propiedades aporte el $Al_2(SO_4)_3$ en las aves. Lo cierto es que empíricamente se pudo demostrar con datos en campo que las aves sometidas a este tratamiento, fueron las mejor desarrolladas.

El sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ al disminuir el NH_3 presente en el galpón contribuye en el aumento del peso de las aves como lo muestra la (Gráfica 9) logrando el mejor valor de peso al final de la producción.

Tabla 17. Ganancia de peso y Ganancia económica aproximada con sulfato de aluminio

GANANCIAS ECONOMIGAS CON SULFATO DE ALUMINIO $Al_2(SO_4)_3$		
Cantidad producción (aves)	Total (kg)	Total (\$)
30	0,053	314,449
100	5,3	31.444,9
500	26,5	157.224,5
1000	53	314.449

Nota: predicciones aproximadas en ganancia de peso y en ganancia económicas con tratamiento de sulfato de aluminio, por Amador & Londoño, 2019.

Según los datos obtenidos en la tabla superior, se procede a realizar el cálculo de las ganancias en pesos (\$), en donde se toma el precio por kilogramo de ave de corral multiplicado por los kilogramos ganados en cada una de las diferentes producciones seleccionadas anteriormente como lo muestra la (Tabla 15). La investigación que se realizó logró ser efectiva, ya que los datos que se obtuvieron nos demostraron un aumento considerado de 0,053 gr al finalizar la producción después de reducir los niveles de amoníaco presentes en los galpones estudiados,

contribuyendo en el desarrollo de las aves y mejoraron el ambiente necesario para una buena estadía de ellas logrando una ganancia de 314,449 pesos por galpón, de esta manera el productor no solo podrá mejorar su producción sino que también lograra contribuir con el medio ambiente de manera fácil y económica.

9. Conclusiones

Se determinó que la producción de emisiones de amoníaco es directamente proporcional al desarrollo del ave en el tiempo, pues se pudo comprobar estadísticamente que existe relación entre las variables. Por cada 250 gr ganados en masa del ave, se incrementa 6 ppm en el valor de la concentración de amoníaco en el galpón.

El estudio de estos productos como alternativa para disminuir las concentraciones de amoníaco NH_3 en granjas avícolas a pequeña escala, es indispensable para mejorar la calidad del aire. El sulfato de aluminio controló en un 48% las emisiones de amoníaco permitiendo la reducción de amoníaco a 8 ppm al finalizar la producción, los microorganismos eficientes controlaron un 52% las emisiones de amoníaco y permitieron la reducción de amoníaco a 9 ppm al finalizar la producción y el sulfato de calcio controló un 31% las emisiones de amoníaco permitiendo la reducción de amoníaco a 18 ppm al finalizar la producción, los 3 productos se encontraron en un rango de entre 0-20 ppm siendo el galpón con sulfato de aluminio el que mejor datos arrojó para un riesgo bajo tolerable, trayendo consigo salubridad y buen desarrollo para las aves y además controlando la propagación de vectores infecciosos.

Se pudo determinar que los tratamientos hacen la diferencia en el sistema de producción con respecto a no realizar ningún proceso en el galpón, unido a esto se encontró que los tratamientos no solo ayudaron a disminuir las emisiones de NH_3 , sino que también contribuyeron positivamente en el desarrollo del ave, en cuanto a la ganancia de peso en el tiempo, teniendo en cuenta que todos los galpones tuvieron la misma cantidad de alimento, las aves que estaban en el galpón al cual se le aplicó Sulfato de Aluminio obtuvieron una ganancia de 54 gr por ave siendo la mayor ganancia de peso, siguiendo por las aves del galpón al cual se le aplicó Microorganismos Eficientes con 4 gr y por último las aves del galpón al cual se le aplicó Sulfato de Calcio arrojaron una pérdida de 17 gr respecto al peso final obtenido por las aves del Galpón Testigo.

De acuerdo a la investigación, no solo se pudo garantizar la disminución del amoníaco presente en los diferentes galpones, sino que también se logró obtener una ganancia significativa de dinero, siendo un punto a resaltar por los agricultores a pequeña escala, resultando muy interesante la práctica realizada ya que por cada ave se ganaron 314,449 pesos al final de la producción en el galpón al cual se le aplicó Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ arrojando un 94% de ganancia en peso respecto al Galpón Testigo.

10. Recomendaciones

Se recomienda tener a las aves con la cantidad de comida y agua limpia necesaria para todo el ciclo productivo para tener mejores resultados de peso. Este experimento tuvo cierta limitación de recursos económicos, por lo que las aves eran alimentadas con 5 kl de purina diarios por galpón lo cual no es suficiente para lograr un desarrollo óptimo del ave, ya que la cantidad requerida es de 7 kg diarios para un galpón de 30 aves.

El volteo de la cama es una práctica viable, segura y alterna para la disminución del amoniaco, ya que permite aprovechar al máximo la cascarilla utilizada, oxigenando la misma y evitar la deposición continua de las heces en un mismo punto, siempre y cuando se realice cuidadosamente con el fin de no producir estrés o lesiones en las aves, aunque es una técnica que es efectiva solamente en las primeras etapas del ave donde la cascarilla aún no se encuentre saturada de heces.

Se recomienda seguir con el estudio a pequeña escala para determinar las dosificaciones de cada producto por cada gramo de peso en el pollo con una producción de 50 aves.

En esta investigación se registraron valores de temperatura de 22-27°C, en clima tropical. Siempre es aconsejable mantener una temperatura moderada para que allá una menor incidencia del amoniaco, por lo tanto, una mejor confortabilidad de las aves.

Se recomienda tener entre 7 y 10 aves de corral por metro cuadrado para que las aves tengan el espacio suficiente y se pueda tener una buena producción.

Para evitar la pododermatitis, llagas o laceraciones en las patas de las aves, se debe mantener abundante de cascarilla, evitando el contacto directo con el suelo.

En la mayoría de información encontrada se habla de la utilización de sulfato de aluminio seco, pero como se vio en este estudio, este producto también tiene gran eficiencia cuando se aplica soluble, por eso es recomendable realizar un estudio donde se hagan aplicaciones en seco y solubles, determinando cuál de los dos tratamientos es más efectivo.

Bibliografía

- Alegre, Antonio. (2015, Marzo 24). *Tipos y manejo de la cama yacija para aves*. AviNews, 19–31. Retrieved from <https://avicultura.info/download/02-0215-camas-alegre.pdf>
- Aray Zambrano, J. B. (2012). *Alternativas para disminuir la emisión de Amoniaco en granjas avícolas en el Cantón Balsas*. Tesis de pregrado.(Universidad de Guayaquil.).Ecuador Retrieved from http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6126/1/tesis_amoniacos_en_avicultura.%2031.pdf
- Avigen Group. (2014, Agosto 21). *Broiler Ross 308 objetivos de Rendimiento*. Avigen, 1-16. Retrieved: <https://www.avesca.com.ec/wp-content/uploads/2017/03/Ross-308-Objetivos.pdf>
- Barger, Kate. (2016, Marzo 16). *Causas & Control de la pododermatitis en pollos*. AviNews, 1-14. Retrieved from <https://avicultura.info/download/pododermatitis.pdf>
- Blacido, Y & Guido, J. (2008). *Efectos de amonio en pollos*. In *Behaviour therapy* (Vol. 112). Coma, Jaume; Bonet, J. (2016). *Producción ganadera y contaminación ambiental*. Avances En Nutrición y Alimentación Animal, 2004-01-01, ISBN 84-609-3256-7, (August), 237–272.
- Cynomys. (2018). *Pollos de engorde y amoníaco*. Retrieved from CYNOMYS website: <http://www.cynomys.cloud/es/2018/02/08/pollos-de-engorde-y-amoniacos/>
- DANE. (2019). Estadísticas. Retrieved from Fenavi website: http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2167&Itemid=1172#magictabs_erpdb_3
- Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Los costos en la salud asociados a la degradación ambiental en Colombia ascienden a \$20,7 billones*. Retrieved July 20, 2010, from Republica de Colombia website: [https://www.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradación-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-\\$20,7-billones.aspx](https://www.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradación-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-$20,7-billones.aspx)
- Enciclonet. (2016). *Sulfato de calcio*. Retrieved June 2, 2019, from <http://www.enciclonet.com/articulo/sulfato-de-calcio/>
- Estrada Pareja, M. (2005). *Manejo y procesamiento de la gallinaza*. Revista Lasallista de Investigación, 2(1), 43–48. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>
- Fenavi. (2018). Fenavi, *Consumo histórico de huevo y pollo en Colombia*. Retrieved from

- AVINEWS website: <https://avicultura.info/fenavi-consumo-historico-huevo-pollo-colombia/#shared>
- González Guarnizo, A., & Quille Ochoa, J. G. (2012). *Aplicación de yeso agrícola como secante en la cama de pollos de engorde en el cantón Santa Rosa*. Tesis de pregrado (Universidad Técnica de Machala). Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1383>
- H. A. Elliott, & N. E. Collins. (1982). *Factors Affecting Ammonia Release in Broiler Houses*. Transactions of the ASAE, 25(2), 0413–0418. Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan www.asabe.org <https://doi.org/10.13031/2013.33545>
- Ideam. (2018). *Rosa de los vientos de Villavicencio Meta*. Retrieved from Informacion Aeronautica website: <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/rosas/viento.htm>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. (2009). *Documentación toxicológica para el establecimiento del límite de exposición profesional del etilbenceno (DLEP)*. Comparative and General Pharmacology, DLEP 56, 2–4.
- Laguna, C. (2009). *Correlación y regresión lineal*. In Instituto Aragonés De Ciencia De La Salud. Retrieved from <http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T04.pdf>
- Larrea, Paola; Rodriguez, Maria; Romero, M. (2009). *Determinación de la estructura de financiamiento óptima para empresas ecuatorianas: caso avícola fernández s.a*. Tesis de pregrado. (Escuela Superior Politécnica del Litoral) Guayaquil. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6602>
- Macías Alvia, A., Mera Villamar, L. A., Espinoza Lucas, M. R., Vite Solórzano, F. A., Vallejo Valdivieso, P. A., Mendoza Mendoza, L. M., Terán Bejarano, M. J. (2019). *Microbiología y salud* (Primera ed; E. Alzamora, Ed.) Editorial Area de innovacion y desarrollo, S.L. Alicante- España <https://doi.org/10.17993/Med.2019.62>
- Maisonnave, R., Lamelas, K., & Mair, G. (2015). *Buenas Prácticas de Manejo y Utilización de Cama de Pollo y Guano*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de La Nación, 43.
- Microorganismos Eficientes. (2010). *Qué es la Tecnología de los Microorganismos Eficientes*. Retrieved October 15, 2018, from website:

- <https://microorganismoseficientes.wordpress.com/2013/04/10/tecnologia-de-los-microorganismos-eficientes/>
- Min. Ambiente. (2015). *Contaminación Atmosférica*. Retrieved July 20, 2017. Bogota - Colombia, from Contaminación Atmosférica website: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/gestion-del-aire/contaminacion-atmosferica>
- Orellana, J. (2006). *Corporacion nacional de avicultores del ecuador conave el gremio avicola nacional sus acciones, incidencias de las mismas y la necesidad del fortalecimiento gremial*. Ecuador.
- Pizarro, M., Icochea, E., Reyna, P., & Falcón, N. (2009). *Efecto Del Tratamiento De La Cama Con Un Aluminosilicato En Pollos De Carne*. Scielo, 20(2), 213–220. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v20n2/a10v20n2.pdf>
- Silicatos y derivados. (2012). *Sulfato De Aluminio Conversión a Base Seca*. PQ Corporation, 1, 37. [http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe\(toda%20LIT\).pdf](http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe(toda%20LIT).pdf)
- Tortosa, G. (2013). *Materiales para compostar: Estiércol de gallina o «Gallinaza»*. Retrieved April 23, 2018, from compostando ciencia lab website: <http://www.compostandociencia.com/2013/06/gallinaza-html/>
- Turner, B. (2008). *Manejo y Reuso de Cama: Tratamiento para Prevención de Enfermedades*. Tech Notes AVIAGEN, 1–3.
- Vélez, M., Sebastián, I., Urgilés, Q., & Carolina, J. (2013). Reducción de amoníaco de la pollinaza de pollos broiler mediante adición de zeolita en la ración alimenticia durante el periodo de crianza en la parroquia paccha del cantón Cuenca, provincia del Azuay. Tesis de pregrado (Universidad Politécnica Salesiana). Cuenca. Retrieved from <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3399/1/UPS-CT002560.pdf>

11. Anexos

Anexo 1. Formato Seguimiento y control del amoniaco

DIA	FECHA	GALPON	NIVELES DE AMONIACO (NH3)																DOSIFICACION (g/L)		TEMPERATURA AMBIENTE (°C)				
			MAÑANA								TARDE								Producto	Dosis	Mañana	Tarde			
			NH ₃ (PPM) EN SUELO				NH ₃ (PPM) EN AIRE				NH ₃ (PPM) EN SUELO				NH ₃ (PPM) EN AIRE										
1	25/09/2018	GT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	26°C	24°C	
		G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CaSO ₄
		G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			E.M
		G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Al ₂ (SO ₄) ₃
2	26/09/2018	GT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	26°C	22°C	
		G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CaSO ₄
		G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			E.M
		G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Al ₂ (SO ₄) ₃
3	27/09/2018	GT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	28°C	22°C	
		G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CaSO ₄
		G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			E.M
		G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Al ₂ (SO ₄) ₃
4	28/09/2018	GT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	22°C	25°C	
		G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CaSO ₄
		G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			E.M
		G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Al ₂ (SO ₄) ₃
5	29/09/2018	GT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	30°C	22°C	
		G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CaSO ₄
		G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			E.M
		G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Al ₂ (SO ₄) ₃

6	30/09/2018	GT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	28°C	24°C		
		G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CaSO ₄	
		G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			E.M	
		G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Al ₂ (SO ₄) ₃	
7	1/10/2018	GT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	23°C	24°C		
		G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CaSO ₄	
		G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			E.M	
		G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Al ₂ (SO ₄) ₃	
8	2/10/2018	GT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	23°C	24°C		
		G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CaSO ₄	
		G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			E.M	
		G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Al ₂ (SO ₄) ₃	
9	3/10/2018	GT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	26°C	24°C		
		G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CaSO ₄	
		G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			E.M	
		G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Al ₂ (SO ₄) ₃	
10	4/10/2018	GT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	25°C	24°C		
		G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CaSO ₄	
		G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			E.M	
		G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Al ₂ (SO ₄) ₃	
11	5/10/2018	GT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	25°C	22°C		
		G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CaSO ₄	
		G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			E.M	
		G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Al ₂ (SO ₄) ₃	
12	6/10/2018	GT	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	N/A	25°C	22°C	
		G1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1			CaSO ₄
		G2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1			E.M
		G3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1			Al ₂ (SO ₄) ₃

13	7/10/2018	GT	2	2	3	3	3	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	1	1	1	1	1	N/A	23°C	25°C
		G1	2	3	3	3	2	1	1	1	1	1	2	3	3	3	2	1	1	1	1	1	CaSO ₄		
		G2	3	2	2	3	3	1	1	1	1	1	3	2	2	3	3	1	1	1	1	1	E.M		
		G3	3	2	3	3	2	1	1	1	1	1	3	2	3	3	2	1	1	1	1	1	Al ₂ (SO ₄) ₃		
14	8/10/2018	GT	5	4	4	5	5	1	1	1	1	1	5	5	6	6	7	1	1	1	1	1	N/A	23°C	22°C
		G1	5	4	5	5	4	1	1	1	1	1	5	4	5	5	4	1	1	1	1	1	CaSO ₄		
		G2	5	5	5	4	4	1	1	1	1	1	5	5	5	4	4	1	1	1	1	1	E.M		
		G3	5	4	4	5	5	1	1	1	1	1	5	4	4	5	5	1	1	1	1	1	Al ₂ (SO ₄) ₃		
15	9/10/2018	GT	7	8	7	7	7	1	1	1	1	1	7	8	8	7	9	1	1	1	1	1	N/A	23°C	22°C
		G1	7	7	8	8	8	1	1	1	1	1	7	7	8	8	8	1	1	1	1	1	CaSO ₄		
		G2	8	8	8	7	7	1	1	1	1	1	8	8	9	7	7	1	1	1	1	1	E.M		
		G3	7	8	7	8	7	1	1	1	1	1	7	8	7	8	7	1	1	1	1	1	Al ₂ (SO ₄) ₃		
16	10/10/2018	GT	8	8	9	8	9	1	1	1	1	1	8	9	8	8	9	1	1	1	1	1	N/A	23°C	25°C
		G1	7	10	8	8	9	1	1	1	1	1	7	10	8	9	9	1	1	1	1	1	CaSO ₄		
		G2	7	8	8	7	9	1	1	1	1	1	8	8	8	7	9	1	1	1	1	1	E.M		
		G3	7	10	7	8	8	1	1	1	1	1	7	10	7	8	8	1	1	1	1	1	Al ₂ (SO ₄) ₃		
17	11/10/2018	GT	8	9	9	8	9	1	1	1	1	1	8	10	9	9	9	1	1	1	1	1	N/A	23°C	22°C
		G1	7	10	8	9	9	1	1	1	1	1	7	10	8	8	9	1	1	1	1	1	CaSO ₄		
		G2	8	8	8	7	9	1	1	1	1	1	7	8	8	7	9	1	1	1	1	1	E.M		
		G3	7	10	7	8	8	1	1	1	1	1	7	10	7	8	8	1	1	1	1	1	Al ₂ (SO ₄) ₃		
18	12/10/2018	GT	9	10	9	8	11	1	1	1	1	1	9	10	9	10	11	1	1	1	1	1	N/A	23°C	24,5°C
		G1	9	12	10	9	7	1	1	1	1	1	9	12	10	9	7	1	1	1	1	1	CaSO ₄		
		G2	9	10	12	11	10	1	1	1	1	1	9	10	12	11	10	1	1	1	1	1	E.M		
		G3	10	9	11	8	9	1	1	1	1	1	10	9	11	8	9	1	1	1	1	1	Al ₂ (SO ₄) ₃		
19	13/10/2018	GT	11	10	9	12	10	2	2	2	2	2	11	11	11	11	10	2	2	2	2	2	N/A	23°C	24°C
		G1	10	11	12	10	11	2	2	2	2	2	11	13	10	12	12	2	2	2	2	2	CaSO ₄		
		G2	10	12	12	12	12	2	2	2	2	2	10	12	12	12	12	2	2	2	2	2	E.M		
		G3	10	11	12	10	11	2	2	2	2	2	10	11	12	10	11	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃		

20	14/10/2018	GT	11	12	9	10	12	2	2	2	2	2	12	11	12	10	13	2	2	2	2	2	N/A	22°C	24°C
		G1	12	10	11	12	11	2	2	2	2	2	12	13	12	14	13	2	2	2	2	2	CaSO ₄		
		G2	12	10	11	12	13	2	2	2	2	2	12	10	11	12	13	2	2	2	2	2	E.M		
		G3	12	10	11	12	13	2	2	2	2	2	12	10	11	12	13	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃		
21	15/10/2018	GT	12	9	12	10	11	2	2	2	2	2	12	13	13	14	12	2	2	2	2	2	N/A	22°C	25°C
		G1	12	13	14	10	10	2	2	2	2	2	12	13	12	14	13	2	2	2	2	2	CaSO ₄		
		G2	12	13	14	10	10	2	2	2	2	2	12	13	14	10	10	2	2	2	2	2	E.M		
		G3	12	13	14	10	10	2	2	2	2	2	12	13	14	10	10	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃		
22	16/10/2018	GT	12	15	12	10	11	2	2	2	2	2	12	14	13	13	12	2	2	2	2	2	N/A	25°C	24°C
		G1	12	10	12	10	11	2	2	2	2	2	12	14	12	13	11	2	2	2	2	2	CaSO ₄		
		G2	12	10	12	10	11	2	2	2	2	2	12	10	12	10	11	2	2	2	2	2	E.M		
		G3	12	10	12	10	11	2	2	2	2	2	12	10	12	10	11	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃		
23	17/10/2018	GT	11	14	16	12	13	2	2	2	2	2	12	13	14	13	12	2	2	2	2	2	N/A	25°C	23°C
		G1	12	13	15	10	13	2	2	2	2	2	14	10	13	12	13	2	2	2	2	2	CaSO ₄		
		G2	12	15	15	15	14	2	2	2	2	2	12	13	13	14	12	2	2	2	2	2	E.M		
		G3	15	15	16	14	15	2	2	2	2	2	12	14	15	16	14	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃		
24	18/10/2018	GT	14	18	19	20	15	3	3	3	3	3	16	17	15	16	16	3	3	3	3	3	N/A	26°C	23°C
		G1	18	20	19	17	18	3	3	3	3	3	14	18	19	20	15	3	3	3	3	3	CaSO ₄		
		G2	18	20	19	17	18	3	3	3	3	3	18	14	15	17	18	3	3	3	3	3	E.M		
		G3	18	20	19	17	18	3	3	3	3	3	18	14	15	17	18	3	3	3	3	3	Al ₂ (SO ₄) ₃		
25	19/10/2018	GT	15	29	17	29	11	3	3	3	3	3	19	21	22	23	20	3	3	3	3	3	N/A	22°C	24°C
		G1	22	23	21	22	21	3	3	3	3	3	23	25	25	20	26	3	3	3	3	3	CaSO ₄		
		G2	23	24	22	24	23	3	3	3	3	3	24	23	25	24	24	3	3	3	3	3	E.M		
		G3	21	21	22	21	20	3	3	3	3	3	22	22	23	22	21	3	3	3	3	3	Al ₂ (SO ₄) ₃		
26	20/10/2018	GT	21	18	30	15	18	3	3	3	3	3	9	9	9	9	9	3	3	3	3	3	N/A	22°C	23°C
		G1	26	26	24	28	24	3	3	3	3	3	9	9	9	9	9	3	3	3	3	3	CaSO ₄		
		G2	20	21	19	22	18	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	3	3	3	3	3	E.M		
		G3	25	26	33	22	18	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	3	3	3	3	3	Al ₂ (SO ₄) ₃		

27	21/10/2018	GT	19	18	20	11	19	3	3	3	3	3	20	20	19	21	19	3	3	3	3	3	N/A		25°C	22°C
		G1	20	19	18	15	21	2	2	2	2	2	15	20	30	25	23	2	2	2	2	2	CaSO ₄			
		G2	7	14	10	8	14	2	2	2	2	2	8	9	9	8	9	2	2	2	2	2	E.M			
		G3	12	14	15	16	14	2	2	2	2	2	30	19	30	15	10	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃			
35	29/10/2018	GT	39	40	35	45	14	4	4	4	4	4	35	40	40	25	36	4	4	4	4	4	N/A		22°C	22°C
		G1	18	20	25	13	15	2	2	2	2	2	24	10	22	10	21	2	2	2	2	2	CaSO ₄	41 g en 20 L		
		G2	12	13	12	14	13	2	2	2	2	2	5	21	10	10	7	2	2	2	2	2	E.M	40 ml en 2L		
		G3	1	6	9	3	14	2	2	2	2	2	0	19	3	17	6	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃	40 g en 4L		
36	30/10/2018	GT	37	40	36	37	37	4	4	4	4	4	46	35	45	35	21	4	4	4	4	4	N/A		30°C	24°C
		G1	20	23	20	15	10	2	2	2	2	2	20	23	25	18	15	2	2	2	2	2	CaSO ₄			
		G2	9	9	10	12	7	2	2	2	2	2	5	12	5	4	12	2	2	2	2	2	E.M			
		G3	1	6	9	3	14	2	2	2	2	2	5	12	5	4	12	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃			
37	31/10/2018	GT	38	40	41	39	37	4	4	4	4	4	20	49	45	37	29	4	4	4	4	4	N/A		28°C	24°C
		G1	20	23	25	18	15	2	2	2	2	2	20	23	25	22	19	2	2	2	2	2	CaSO ₄	81 g en 40L		
		G2	9	12	10	9	7	2	2	2	2	2	9	12	10	9	7	2	2	2	2	2	E.M	80 ml en 4L		
		G3	9	9	10	12	7	2	2	2	2	2	7	10	7	8	8	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃	80 g en 8L		
38	1/11/2018	GT	62	45	21	37	28	4	4	4	4	4	31	45	45	31	30	4	4	4	4	4	N/A		28°C	24°C
		G1	18	10	13	15	19	2	2	2	2	2	13	15	20	18	15	2	2	2	2	2	CaSO ₄			
		G2	5	5	5	4	4	2	2	2	2	2	9	10	10	7	9	2	2	2	2	2	E.M			
		G3	7	10	7	8	8	2	2	2	2	2	9	12	10	9	7	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃			
39	2/11/2018	GT	46	35	25	35	45	5	5	5	5	5	20	49	38	37	29	5	5	5	5	5	N/A		23°C	22°C
		G1	20	13	15	16	10	2	2	2	2	2	20	23	25	18	15	2	2	2	2	2	CaSO ₄	81 g en 40L		
		G2	7	6	8	5	7	2	2	2	2	2	6	8	7	5	6	2	2	2	2	2	E.M	80 ml en 4L		
		G3	9	12	10	9	7	2	2	2	2	2	10	11	12	9	8	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃	80 g en 8L		
40	/11/2018	GT	38	47	35	31	38	5	5	5	5	5	31	45	45	31	30	5	5	5	5	5	N/A		26°C	24°C
		G1	15	10	18	15	10	2	2	2	2	2	12	14	15	16	14	2	2	2	2	2	CaSO ₄			
		G2	5	5	5	4	4	2	2	2	2	2	4	2	4	4	4	2	2	2	2	2	E.M			
		G3	9	12	10	9	7	2	2	2	2	2	7	10	7	8	8	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃			

41	4/11/2018	GT	50	28	38	33	40	5	5	5	5	5	31	45	30	45	31	5	5	5	5	5	N/A		27°C	24°C
		G1	15	12	16	15	15	3	3	2	2	3	15	10	18	30	7	2	2	2	2	2	CaSO ₄	SUSPENDIDO		
		G2	6	5	6	5	4	2	2	2	2	2	6	5	10	6	5	2	2	2	2	2	E.M	160 ml en 8L		
		G3	7	10	7	8	8	2	2	2	2	2	9	9	10	8	9	2	2	2	2	2	Al ₂ (SO ₄) ₃	100 g en 10 L		
42	5/11/2018	GT	29	50	34	45	36	5	5	5	5	5	52	31	34	33	35	5	5	5	5	5	N/A		26°C	23°C
		G1	15	10	18	26	10	2	2	2	2	2	15	10	18	26	15	2	2	2	2	2	CaSO ₄			
		G2	4	2	4	4	4	1	1	1	1	1	2	13	7	9	6	1	1	1	1	1	E.M			
		G3	7	10	7	8	8	1	1	1	1	1	7	5	8	7	6	1	1	1	1	1	Al ₂ (SO ₄) ₃			
43	6/11/2018	GT	31	40	50	45	32	5	5	5	5	5	35	33	34	31	52	5	5	5	5	5	N/A			
		G1	25	16	18	20	10	2	2	2	2	2	15	15	18	30	15	2	2	2	2	2	CaSO ₄	SUSPENDIDO		
		G2	5	5	5	4	4	1	1	1	1	1	6	5	10	6	5	1	1	1	1	1	E.M	160 ml en 8L		
		G3	1	6	9	3	14	1	1	1	1	1	6	7	6	8	4	1	1	1	1	1	Al ₂ (SO ₄) ₃	100 g en 10 L		
44	7/11/2018	GT	50	27	45	26	60	5	5	5	5	5	29	50	52	30	32	5	5	5	5	5	N/A		22°C	26°C
		G1	19	15	25	20	15	3	3	3	3	3	18	20	15	24	15	3	3	3	3	3	CaSO ₄			
		G2	6	5	10	6	5	0	0	0	0	0	7	8	7	8	7	0	0	0	0	0	E.M			
		G3	6	5	6	5	4	0	0	0	0	0	4	2	5	3	4	0	0	0	0	0	Al ₂ (SO ₄) ₃			
45	8/11/2018	GT	28	60	27	54	45	5	5	5	5	5	39	29	28	55	48	5	5	5	5	5	N/A		23°C	25°C
		G1	15	20	18	26	20	3	3	3	3	3	20	16	20	18	22	3	3	3	3	3	CaSO ₄			
		G2	7	8	7	8	7	0	0	0	0	0	18	1	7	11	2	0	0	0	0	0	E.M			
		G3	4	2	4	5	2	0	0	0	0	0	5	6	5	8	3	0	0	0	0	0	Al ₂ (SO ₄) ₃			

Anexo 2. Formato Pesaje de las Aves

SEGUIMIENTO PESAJE DE LAS AVES																		
DIA	FECHA	GALPON	PESAJE															
			Muestra Representativa de las Aves (gr)															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Prom
1	25/09/2018	GT	40	35	35	39	33	40	39	39	41	37	39	38	40	35	37	38
		G1	39	39	35	36	38	35	40	37	40	38	41	38	35	34	38	38
		G2	41	38	40	39	34	36	39	39	41	37	38	37	40	33	37	38
		G3	40	39	39	39	33	40	39	37	38	37	39	38	40	35	35	38
8	2/10/2018	GT	266	166	189	207	191	167	134	102	187	180	166	134	132	129	171	168
		G1	142	111	176	187	126	174	145	111	169	190	153	175	126	153	175	154
		G2	81	185	146	118	131	157	197	191	154	196	133	225	189	169	129	160
		G3	177	225	211	215	178	152	163	170	211	162	145	163	214	179	185	183
15	9/10/2018	GT	381	357	211	378	550	279	297	348	338	355	365	314	317	179	296	331
		G1	292	158	346	292	251	368	292	406	332	252	369	410	232	268	411	312
		G2	345	443	160	250	470	361	342	279	344	314	315	142	312	441	246	318
		G3	351	395	392	331	346	140	355	296	269	240	327	236	395	347	331	317
22	16/10/2018	GT	395	490	517	535	262	429	618	327	476	395	483	536	492	553	537	470
		G1	444	481	410	518	384	224	420	402	438	442	544	420	558	505	401	439
		G2	511	559	426	417	361	353	516	237	418	264	494	570	442	483	515	438
		G3	236	563	398	554	446	395	563	436	398	556	401	396	418	581	522	458
29	23/10/2018	GT	1023	962	1038	617	890	1264	1050	618	679	1048	826	622	978	1071	619	887
		G1	851	759	789	823	1070	945	1149	913	577	913	1125	497	670	1071	527	845
		G2	884	1002	1016	896	874	925	894	1009	998	882	825	824	825	525	999	892
		G3	740	819	766	943	798	823	1174	1168	824	1035	1162	1048	682	985	1012	932
36	30/10/2019	GT	1250	1284	1287	1500	1242	1500	1300	1180	1526	1521	1522	1323	987	1120	1535	1338
		G1	939	996	1212	1085	1586	1544	1178	1590	1315	1630	1182	1556	1575	1350	1529	1351
		G2	1491	1444	1498	1481	1015	1494	950	1467	1632	1783	1619	1520	1339	1169	1019	1395
		G3	1634	1103	1794	1635	1165	1731	1682	1318	1795	1415	1318	1575	1768	1083	1315	1489

43	6/11/2020	GT	2116	1464	2145	1431	1735	1853	2183	1145	1855	1681	1446	2336	1758	1465	2005	1775
		G1	2012	2004	1922	1594	1442	1662	1750	1948	1586	1459	1606	1676	1555	2146	2001	1758
		G2	1484	2237	1728	1544	1979	1721	2239	1817	1817	1676	1977	2195	1128	1742	1398	1779
		G3	1565	2153	2145	1118	1404	1847	2081	2142	1531	2023	2207	1463	1673	2209	1862	1828
Observaciones:																		
Elaborado: Amador, F ; Londoño, F.										Revisado: Ing. Henry Contreras Leon								

Anexo 3. Formato Tallaje de las Aves

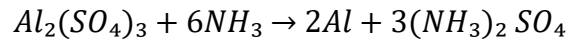
SEGUIMIENTO TALLAJE DE LAS AVES																		
DIA	FECHA	GALPON	TALLAJE															
			Muestra Representativa de las Aves (cm)															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Prom
1	25/09/2018	GT	6,8	6,9	7	6,8	6,8	6,9	7,1	7	6,9	6,7	6,8	7	6,9	7	7	6,9
		G1	7	6,8	6,9	6,9	7,1	6,8	6,9	6,9	6,8	7,2	6,7	6,9	6,5	7,2	6,9	6,9
		G2	7,3	6,7	7,2	6,8	6,8	6,7	7,2	6,7	6,7	7,1	6,8	6,9	6,8	6,9	7,2	6,9
		G3	7,2	6,7	7,1	6,8	6,8	6,7	7	6,7	6,7	7,1	6,8	6,9	7	6,9	7,1	6,9
8	2/10/2018	GT	15	14	15	16	15	15	12,5	15	15,5	16	14,5	13,5	13,8	13,5	14,7	14,6
		G1	15,5	13,5	15	14,5	14	15	13	14,5	15	15,5	13	15	13	14	14	14,3
		G2	11	14	13	15	12,5	12,5	13	13	13	13,5	13	14,5	13	13,5	13	13,2
		G3	14	14	14,5	15	15	14	13,5	13,5	13,5	14	14,5	14	14,5	14	14	14,1
15	9/10/2018	GT	17	16,5	15	16,5	17	16	16	16,5	16	17	16	16	15	15	16	16,1
		G1	16	14	15,5	14	14	15	14	17	16	17	16,5	15,5	15	16	16,5	15,5
		G2	15	16	13,5	14,5	17	15,5	16	17	15	16	15	14	15	17	17	15,6
		G3	16	16	16,5	16	16	15,5	17	16	16	15	16	13	16	16	16	15,8
22	16/10/2018	GT	16	16,5	17	16	15	16	18,5	15,5	16,5	16	16	17	16	16,5	17	16,4
		G1	16,5	16	16,5	16,5	15,5	15	16,5	15,5	15,4	16	16,5	15	16,5	15,5	16	15,9
		G2	16	18	17	16,5	16	17	17	15,5	16,5	16	17	17	16,5	16	16	16,5
		G3	14	16,5	16	16	16	17	17	16,5	16	16	15	15,5	16,5	17	17	16,1
29	23/10/2018	GT	21	20	21,5	19	20,5	23	21	19	19	20	20	19,5	21,5	19	19	20,2
		G1	20	19	19	20	19,5	19	20	20	19	20	19,5	16	18	19	18	19,1
		G2	20	20	21	20	18	20	19	20	20	19	20	19	20	17	19	19,5
		G3	20	20	19	19	21	20	21	19	20	20	20	20	21	20	20	20,0
36	30/10/2019	GT	23	23	23	25	24	23	23	24	23	22	26	23	22	22	24	23,3
		G1	23	25	24	23	27	25	23	24	24	25	24	25	27	23	23	24,3
		G2	22	26	25	25	21	25	24	24	25	26	21	25	25	24	24	24,1
		G3	25	24	25	25	24	24	24	26	25	25	24	25	25	24,5	24	24,6

43	6/11/2020	GT	26	25	25	26	26	25	25	25	25	26	24,3	25	26	24	25	25,2
		G1	26	26	26	26	25	24	26	28	27	25	25	24	25	30	28	26,1
		G2	25	28	27	28	25	27	28	27	25	25	25	25	25	25	24	25,9
		G3	24	27	26	26	24	26	25	26	26	25	26	25	26	26	25	25,5
Observaciones:																		
Elaborado: B, Amador; A, Londoño										Revisado: Ing. Henry Contreras Leon								

Anexo 4. Formato Enfermedades o Lesiones

SEGUIMIENTO ENFERMEDADES O LESIONES EN LAS AVES								
DIA	FECHA	GALPON	LESIONES MACROSCOPICAS			IRRITACION EN MUCOSAS		
			presencia		N° de casos	Presencia		N° de Casos
			SI	NO		SI	NO	
1	25/09/2018	GT		X	0		X	0
		G1		X	0		X	0
		G2		X	0		X	0
		G3		X	0		X	0
8	02/10/2018	GT		X	0		X	0
		G1		X	0		X	0
		G2		X	0		X	0
		G3		X	0		X	0
15	09/10/2018	GT		X	0		X	0
		G1		X	0		X	0
		G2		X	0		X	0
		G3		X	0		X	0
22	16/10/2018	GT		X	0	X		5
		G1		X	0	X		6
		G2		X	0	X		5
		G3		X	0	X		4
29	23/10/2018	GT		X	0	X		8
		G1		X	0		X	2
		G2		X	0		X	3
		G3		X	0		X	1
36	30/10/2019	GT		X	0	X		12
		G1		X	0		X	1
		G2		X	0		X	1
		G3		X	0		X	1
43	06/11/2020	GT		X	0	X		20

		G1		X	0		X	0
		G2		X	0		X	0
		G3		X	0		X	0
Observaciones:								
Elaborado: B, Amador; A, Londoño					Revisado: Ing. Henry Contreras León			

*Anexo 5. Menorías de cálculo***Cálculos para dosificaciones iniciales****Sulfato de Aluminio**

$$Al = 27 * 2 = 54$$

$$N = 14 * 6 = 84$$

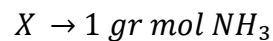
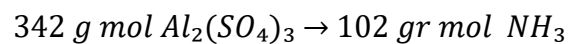
$$S = 32 * 3 = 96$$

$$H = 1 * 18 = 18$$

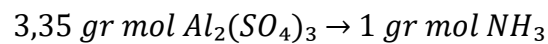
$$O = 16 * 12 = 192$$

$$102 \text{ gr mol } NH_3$$

$$342 \text{ g mol } Al_2(SO_4)_3$$

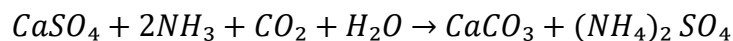


$$x = \frac{1 \text{ gr mol } NH_3 * 342 \text{ gr mol } Al_2(SO_4)_3}{102 \text{ gr mol } NH_3} = 3,35 \text{ gr mol } Al_2(SO_4)_3$$



$$x = \frac{9 \text{ gr mol } N \text{ Amoniacal} * 3,35 \text{ gr mol } Al_2(SO_4)_3}{1 \text{ gr mol } NH_3} = 30,15 \text{ gr } Al_2(SO_4)_3$$

Se aplicaron 30 gr de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) en 3L de agua en la primera dosificación en el galpón G3 ya que para 2gr de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) se necesitan 1L de agua

Sulfato de Calcio

$$Ca = 23 = 23$$

$$N = 14 * 2 = 28$$

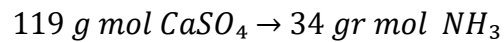
$$S = 32 = 32$$

$$H = 1 * 6 = 6$$

$$O = 16 * 4 = 64$$

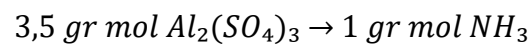
$$34 \text{ gr mol } NH_3$$

$$119 \text{ g mol } CaSO_4$$



$$x \rightarrow 1 \text{ gr mol } NH_3$$

$$x = \frac{1 \text{ gr mol } NH_3 * 119 \text{ gr mol } CaSO_4}{34 \text{ gr mol } NH_3} = 3,5 \text{ gr mol } CaSO_4$$



$$x \rightarrow 9 \text{ gr mol } N \text{ Amoniacal}$$

$$x = \frac{9 \text{ gr mol } N \text{ Amoniacal} * 3,35 \text{ gr mol } Al_2(SO_4)_3}{1 \text{ gr mol } NH_3} = 31,5 \text{ gr } CaSO_4$$

Se aplicaron 31 gr de Sulfato de Calcio ($CaSO_4$) en 15L de agua en la primera dosificación en el galpón G1 ya que para 10gr de Sulfato de Calcio ($CaSO_4$) se necesita 5L de agua.

Microorganismos Eficientes

$$1000 \text{ ml } EM \rightarrow 20000 \text{ ml } H_2O$$

$$30 \text{ ml } EM \rightarrow x$$

$$x = \frac{30 \text{ ml } EM * 20000 \text{ ml } H_2O}{1000 \text{ ml } EM} = 600 \text{ ml} \rightarrow 0,6 \text{ L} \approx 1 \text{ L}$$

Se tomaron 30 ml de EM como primera aplicación en 1L de agua para el galpón G2.