

Estado del arte sobre los efectos adversos a la salud en trabajadores de plantas de compostaje en granjas avícolas por exposición ocupacional a amoniaco NH_3 .

Laura Carolina Torres Guerrero

Director

Orlando E. Contreras Pacheco

Magister en Administración

Codirector

Juan Camilo Lesmez Peralta

Magister en Gerencia de Negocios

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2020

Contenido

Introducción	9
1. Generalidades del proyecto.....	11
1.1 Planteamiento del problema.....	11
2. Objetivos	14
2.1 Objetivo general.....	14
2.2 Objetivos específicos	14
Resultados esperados	14
3. Marco referencial del proyecto	15
3.1 Estado actual del conocimiento	15
3.2 CyMAT	16
3.3 Riesgo	17
3.4 Factores de riesgo	17
3.5 Clasificación de los factores de riesgo.....	18
3.6 Factor de riesgo químico.....	18
3.7 Amoniacó.....	18
3.7.1 Límites de exposición al amoniacó.....	19
3.8 Antecedentes	20
4. Marco metodológico	22
4.1. Revisión sistemática.....	23
4.1.1. Planeación de la revisión	24
4.1.1.1. Identificación de la necesidad de una revisión.	25
4.1.2. Ejecución.....	28
4.1.2.1. Identificación de la investigación..	28
4.1.2.2. Selección de los estudios..	29
4.1.2.3. Evaluación de la calidad de los estudios.....	30

4.1.2.4 Síntesis de datos.....	36
4.1.3 Reporte	38
5. Revisión de la literatura	38
5.1 Análisis bibliométrico.....	38
5.1.1 Publicaciones por año	38
5.1.2 Producción científica por país.....	39
5.1.3 Publicaciones por revistas.....	40
5.1.4 Publicaciones por autor.....	41
5.1.5 Publicaciones por área	42
5.1.6 Artículos más citados.....	43
5.1.7 Palabras claves más usadas.....	44
5.2 Análisis de los efectos adversos arrojados por la literatura	45
5.2.1 Reacciones y síntomas	45
5.2.2 Enfermedades.....	49
5.2.3 Factores de riesgo	56
5.2.4 Metodologías.....	58
5.3 Medidas de control establecidas para la exposición al amoniaco y alternativas de solución propuestas	59
6. Conclusiones.....	63
Referencias bibliográficas.....	72

Lista de tablas

Tabla 1. Límites permisibles de exposición ocupacional.....	20
Tabla 2. 53 Manuscritos después de la aplicación de los criterios.....	32
Tabla 3. Número de publicaciones por país involucrado.....	39
Tabla 4. Los 10 autores con mayor cantidad de publicaciones.....	42
Tabla 5. Artículos más citados.....	44
Tabla 6. Las 20 palabras claves más usadas	45
Tabla 7. Reacciones y síntomas más representativos en la revisión	46
Tabla 8. Enfermedades más representativas en la revisión.....	50
Tabla 9. Relación efectos adversos en la salud de las personas bajo la concentración del amoniaco ..	58
Tabla 10. Alternativas de solución como medidas de control ante la exposición a granjas avícolas ...	60

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama vertebrado del marco teórico	15
Figura 2. Factores influyentes para determinar el grado de afectación producido por NH ₃	19
Figura 3. Agentes contaminantes en granjas avícolas.	21
Figura 4. Metodología de la investigación adaptado de Rodríguez (2017)..	23
Figura 5. Etapas de la revisión sistemática.	24
Figura 6. Palabras claves clasificadas en los temas raíz para la búsqueda de información.	26
Figura 7. Diagrama de los criterios para la selección de la información para un estado del arte	27
Figura 8. Cantidad de trabajos arrojados por las bases Scopus y Web of Science.	28
Figura 9. Relación cantidad de investigaciones por criterio de inclusión y exclusión citasiones..	29
Figura 10. Clasificación de manuscritos por tema.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11. Diagrama de selección y evaluación de documentos	37
Figura 12. Publicaciones por año.....	38
Figura 13. Diagrama de relaciones Producción científica entre países.....	40
Figura 14. Gráfico de jerarquía de Las 10 revistas más destacadas en la investigación.....	41
Figura 15. Gráfico circular de los Documentos por área. Extraído de Scopus.	43
Figura 16. Diagrama de la clasificación de los documentos sobre la salud de las personas.....	53
Figura 17. Diagrama sobre los sistemas afectados en la salud de las personas expuestas en granjas. .	55
Figura 18. Fuentes de datos	59
Figura 19. Tipos de estudios	59

Lista de apéndices

Apéndice A. Clasificación del riesgo

Apéndice B. Definiciones y Límites permisibles de exposición ocupacional

Apéndice C. Criterio de citas

Apéndice D. Análisis y clasificación de documentos

Apéndice E Artículo de investigación

“Los apéndices están adjuntos y se pueden visualizar en base de datos de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander”

Resumen

Título: Estado del arte sobre los efectos adversos a la salud en trabajadores de plantas de compostaje en granjas avícolas, por exposición ocupacional a amoniaco NH_3 .*

Autor: Laura Carolina Torres Guerrero.**

Palabras clave: Riesgo, daño, efectos, amoniaco, salud, bienestar, trabajador, aves.

Descripción:

Como bien lo afirman Velasco, Lara en compañía de Hernández, Gómez y Gaytán, (2016) uno de los problemas que se deriva de las explotaciones avícolas, es la emisión de gases y olores, los cuales pueden afectar la salud humana, animal y vegetal, como también la productividad de estas. Teniendo en cuenta lo anterior, el presente estudio exploró a través de una revisión de literatura, los posibles efectos adversos que se pueden generar en las personas, que se encuentran en las granjas avícolas y sugerir posibles medidas de mitigación a partir de los hallazgos en la revisión. Para alcanzar este propósito, la investigación se realiza mediante la metodología de revisión sistemática, la cual permite desarrollar el estudio de manera rigurosa, clara y lo más objetiva posible. Como resultado del proyecto se desarrolla un análisis bibliométrico donde se identifica la tendencia del tema en cuanto a los países, autores, años de publicaciones, revistas y áreas interesadas en el tópico de estudio. Adicionalmente, se identifica la existencia de posibles efectos adversos desglosados en reacciones, síntomas y enfermedades generadas ante la exposición del amoniaco y diferentes compuestos creados en las granjas avícolas. De igual forma se recopilan alternativas de solución para mitigar el riesgo, clasificadas por tipo de control y a partir de los hallazgos se proponen recomendaciones para futuras investigaciones.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Orlando Enrique Contreras Pacheco. Magister en Administración. Codirector: Juan Camilo Lesmez Peralta. Magister en Gerencia de Negocios.

Abstract

Title: Estado del arte sobre los efectos adversos a la salud en trabajadores de plantas de compostaje en granjas avícolas, por exposición ocupacional a amoniaco NH_3 .*

Author: Laura Carolina Torres Guerrero.**

Key words: Risk, hurt, effects, ammonia, health, wellness, worker, poultry.

Description:

As stated by Velasco, Lara in the company of Hernández, Gómez and Gaytán, (2016) one of the problems that derives from poultry farms is the emission of gases and odors, which can affect human and animal health. and vegetable, as well as their productivity. Taking the above into account, the present study explored, through a literature review, the possible adverse effects that can be generated in people, found in poultry farms and suggest possible mitigation measures based on the findings in the review. To achieve this purpose, the research is carried out using the systematic review methodology, which allows the study to be carried out in a rigorous, clear and objective manner.

As a result of the project, a bibliometric analysis is developed where the trend of the topic is identified in terms of countries, authors, years of publications, journals and areas interested in the topic of study. Additionally, the existence of possible effects is identified. adverse events broken down into reactions, symptoms and diseases generated by exposure to ammonia and different compounds created in poultry farms. Similarly, alternative solutions are compiled to mitigate the risk, classified by type of control, and recommendations for future research are proposed based on the findings.

*Bachelor Thesis.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Orlando Enrique Contreras Pacheco. Master in Administration. Codirector: Juan Camilo Lesmez Peralta. Master in Business Management.

Introducción

Las acciones y actividades que sitúan a las personas en riesgo han estado en toda la historia humana; como resultado siempre ha existido la necesidad de garantizar y proteger la vida en cualquier acción que se tome; por tanto, los hechos en la vida laboral tienen relevancia, ya que se permanece aproximadamente 48 horas como límite máximo, establecido para Colombia, Código Sustantivo del trabajo. (1990). Ley 50 de 1990.

A causa de lo anterior, la salud ocupacional ha ido de manera creciente, tomando relevancia a nivel mundial, evaluando e identificando los factores de riesgo que se pueden presentar en las diferentes actividades laborales y las posibles consecuencias en la salud de los trabajadores con el objetivo de velar por “la protección de la salud y el bienestar de los trabajadores mediante acciones preventivas y de control en el ambiente de trabajo” (Van Der Haar y Goelzer, 2001, p. 7). Así, diferentes países cuentan con normas y entidades, que se encargan de estudiar, identificar, legitimar y recomendar, tanto a empresas como a trabajadores sobre enfermedades laborales, accidentes de trabajo, exposiciones a las cuales se puede encontrar según la actividad, además desarrollar planes de mitigación, para controlar los posibles efectos adversos que se pueda generar en la salud humana.

En el área productiva de la ganadería, se ha identificado a través de estudios, que las granjas de aves, se encuentran dentro de la cabeza de las mayores generadoras de amoniaco (NH_3), por tal razón es foco en esta investigación, ya que repercute en la calidad del aire, que afecta tanto al

medio ambiente, como la salud de los trabajadores (Naseem et al.,2018) encontrándose expuestos a altas concentraciones de amoniaco y/o tiempos prolongados de exposición durante el trabajo.

Para el caso de Colombia “La avicultura ha tenido un crecimiento por encima del 4%, siendo el pollo la carne más consumida, con un consumo per cápita estimado al cierre del 2019 de 36 kg/año” (Federación Nacional de Avicultores de Colombia [FENAVI], 2019). Por tal motivo, la producción de aves de corral se incrementa paulatinamente, en conjunto con la contaminación medioambiental del suelo (orgánica y mineral) y la emisión de gases producidos en los galpones.

A partir de una inmersión teórica y posterior revisión bibliográfica, el presente trabajo tendrá como propósito, construir un estado del arte sobre los efectos adversos a la salud de los trabajadores de plantas de compostaje en granjas avícolas, expuestos al amoniaco procedente del estiércol de las aves, con el fin de categorizar, clasificar los daños a la salud y plantear medidas de mitigación.

Objetivo	Cumplimiento
Construir un estado del arte sobre los efectos adversos a la salud de los trabajadores de plantas de compostaje en granjas avícolas expuestos a amoniaco procedente del estiércol de las aves, con el propósito de plantear medidas de mitigación del riesgo.	Numeral 5
Efectuar una inmersión teórica en la conceptualización de la temática planteada a partir de revisión de literatura gris y sitios web especializados.	Numeral 3
Realizar una revisión bibliográfica de documentos y artículos científicos sobre los efectos adversos a la salud de los trabajadores de plantas de compostaje avícola expuestos a amoniaco por excremento de aves.	Numeral 4
Categorizar y clasificar los daños a la salud identificados en la revisión bibliográfica realizada, planteando medidas de mitigación y líneas temáticas para futuras investigaciones.	Numeral 5.2 – 5.3
Elaborar un artículo de carácter publicable sobre el tema investigado.	Apéndice E

	(Se adjunta postulación a ponencia)
--	---

1. Generalidades del proyecto

1.1 Planteamiento del problema

El estiércol frecuentemente es utilizado como materia prima para la generación de energía, creación de compost, para ser utilizado como fertilizante, alimento para otros animales, y demás usos que a través de investigaciones se han desarrollado con el fin de obtener el mayor aprovechamiento de las deposiciones de las gallinas y pollos.

“El amoniaco es un compuesto inorgánico incoloro altamente irritante con olor sofocante” (New York Department of health, 2004), este compuesto se presenta en el ambiente, tanto en estado líquido como en estado gaseoso, con formula química NH_3 , en las granjas avícolas es emitido principalmente por el excremento de los pollos de engorde y gallinas ponedoras, este estudio se enfoca en el amoniaco que está presente en estado gaseoso en las granjas avícolas

La organización internacional del trabajo (OIT), ha evaluado la exposición y efectos sobre la salud ante la inhalación crónica o repetida del amoniaco donde se ha identificado que, “puede causar inflamación crónica del tracto respiratorio superior, los pulmones pueden resultar afectados, dando lugar a la coexistencia de una enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)” (OIT, 2013, p. 1). En otras palabras, como lo manifiestan médicos del centro hospitalario clínico croata, afecta desde “la mucosa nasal hasta el alvéolo, pudiendo resultar en quemadura nasofaríngea y traqueal, obstrucción de la vía aérea, bronquiolitis, alveolitis, edema pulmonar no cardiogénico,

falla respiratoria” (Pirjavec et al., 2009, p. 67), entre otras consecuencias. Además, diferentes estudios realizados en China, Irán, Canadá, Estados Unidos y Brasil, demuestran que el NH_3 es una de las sustancias catalogada como las “principales contaminantes del aire, en las granjas avícolas”, perjudicial tanto para la salud de los trabajadores como el medio ambiente (Li et al., 2017, p. 1).

En Colombia el sector avícola es de gran importancia, aportando a la economía del país el 2,8% del PIB (2018) y que su crecimiento fue de 4,5% respecto al año anterior, como lo reportó la FENAVI; Se cuenta con 778 empresas reconocidas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) a nivel nacional, abarcando un total de 25.365 empleados (COMPITE 360, 2019). Por otro lado, gracias al Censo Nacional Agropecuario del año 2016 se pudo obtener el top de los cinco departamentos con mayor producción avícola, siendo Santander el líder en Colombia, contando con 11.830 empleados (COMPITE 360,2019) en esta actividad, de los cuales una proporción se encuentra constantemente expuesta al amoniaco. En razón a lo anterior, es de suma importancia ahondar en los riesgos que produce la exposición ocupacional a largo plazo en concentraciones altas de amoniaco y los efectos adversos a los cuales se enfrenta esta población de trabajadores.

Por otra parte en el Instituto de Ciencia y Tecnología Forschungsgesellschaft, realizaron un estudio en Corea del Sur, donde evaluaron los niveles de exposición a corto plazo de amoniaco durante los procesos de manejo de estiércol en granjas avícolas, hallando valores entre 6.9 - 57.9 ppm (Park et al., 2020) y con base en estas cifras se podría determinar que una persona que se incorpore en este ambiente, se enfrentaría a altas concentraciones de NH_3 , ya que el límite regulatorio máximo de exposición ambiental para una jornada laboral es de 50 ppm según la Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

Cabe resaltar que este nivel de exposición puede fluctuar, dado que es dependiente de los parámetros en los que se genera la concentración de amoniaco. En consecuencia, los trabajadores que

participan en el proceso de gestión del estiércol podrían estar expuestos, ante una inhalación mayor de amoniaco. Y como lo mencionan Roheela, Zulfiqar, Sean y Zaheer (2020), es importante realizar estudios sobre el “impacto de la exposición ocupacional en la salud pulmonar de los trabajadores de la industria avícola” (p.1). Lo anterior hace pertinente llevar a cabo un trabajo de investigación, que permita tener un mayor panorama del daño potencial a la salud humana, causado por este riesgo químico, específicamente en el tratamiento del estiércol de aves en granjas avícolas para obtener sus diferentes derivados.

Los resultados que se obtengan permitirán identificar para la industria avícola: los posibles efectos adversos en la salud de los trabajadores de plantas de compostaje en granjas avícolas, expuesto a amoniaco procedente del estiércol de las aves, identificados en publicaciones científicas, con sus correspondientes medidas de mitigación recomendadas como alternativas de solución, así como tendencias que orienten a futuros trabajos de investigación.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Construir un estado del arte sobre los efectos adversos a la salud de los trabajadores de plantas de compostaje en granjas avícolas expuestos a amoniaco procedente del estiércol de las aves, con el propósito de plantear medidas de mitigación del riesgo.

2.2 Objetivos específicos

- Efectuar una inmersión teórica en la conceptualización de la temática planteada a partir de revisión de literatura gris y sitios web especializados.
- Realizar una revisión bibliográfica de documentos y artículos científicos sobre los efectos adversos a la salud de los trabajadores de plantas de compostaje avícola expuestos a amoniaco por excremento de aves.
- Categorizar y clasificar los daños a la salud identificados en la revisión bibliográfica realizada, planteando medidas de mitigación y líneas temáticas para futuras investigaciones.
- Elaborar un artículo de carácter publicable sobre el tema investigado.

Resultados esperados

- Matriz de clasificación de información asociada con exposición a amoniaco en plantas de compostaje de granjas avícolas.
- Ecuación de búsqueda diseñada para obtención de artículos en bases de datos científicas.
- Análisis bibliométrico de información.

- Matriz de clasificación y categorización de información obtenida de la búsqueda de información.
- Artículo de carácter publicable.

3. Marco referencial del proyecto

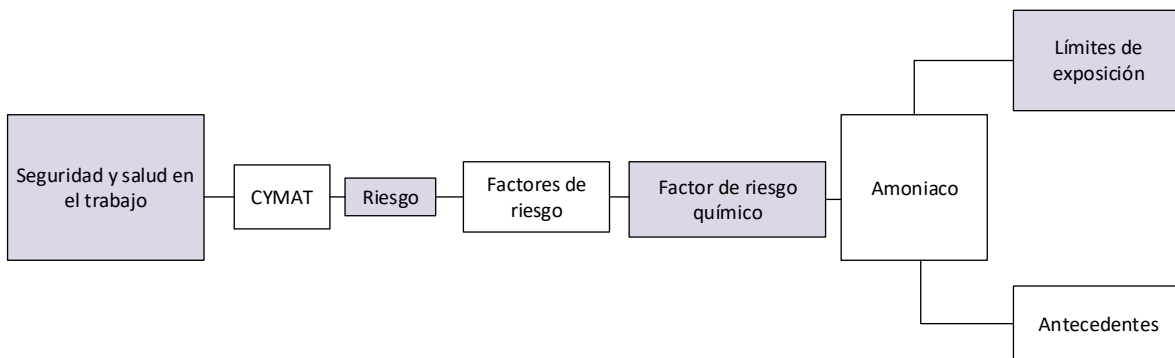
3.1 Estado actual del conocimiento

Dado que este trabajo de investigación se centrará en manuscritos, donde se relaciona la exposición del ser humano al gas amoniaco, producido por las aves de corral, resulta esencial dar cuenta de definiciones útiles, para interpretar las investigaciones analizadas en el estado del arte.

Con el fin de presentar de manera organizada e integrada estas definiciones recolectadas, se muestra a continuación el diagrama del proceso de vertebración estructurado, con los principales focos que conforman al marco teórico, realizado por medio del método por índices.

Figura 1.

Diagrama vertebrado del marco teórico



Según el artículo 3 del decreto 1443 (2014) sobre el sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo en Colombia, menciona que la seguridad y salud en el trabajo tiene como finalidad mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo, que implica velar por la promoción y mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores, en todos los campos. Este

concepto fundamental implica que “el trabajo puede tener efectos perjudiciales o beneficiosos sobre la salud. Las condiciones de trabajo pueden ser causa de incapacidad o de agravamiento de incapacidades preexistentes o potenciales. Pero también pueden mejorar la salud fisiológica y psicológica” (Mangosio, 2008). Estos efectos tanto positivos como negativos causados en condiciones laborales, repercuten no solo en la salud general de los trabajadores, asimismo las empresas se pueden ver afectadas o favorecidas en la eficiencia del trabajo realizado por los empleados en el proceso, teniendo directamente relación con los costos operativos, reducción o incremento del ausentismo, incapacidades, indemnizaciones, primas de seguros, entre otros.

Por tal razón es importante que el área encargada del sistema de seguridad y salud en el trabajo de las empresas cumpla las normas vigentes, con el fin de generar tranquilidad a los trabajadores y empleadores al velar por óptimas condiciones y un buen entorno laboral.

3.2 CyMAT

Para entender en el transcurso de la investigación uno de los focos trascendentales como lo son las **condiciones y medio ambiente de trabajo** (CyMAT), es importante saber de su definición. Por ende, Neffa (2017) nos ilustra al respecto:

Están constituidas por los factores sociotécnicos y organizacionales del proceso de producción implantado en el establecimiento y por los factores de riesgo del medio ambiente de trabajo.

Existe entonces una relación estrecha entre el proceso de trabajo y la salud, y esto es lo que vuelve fundamental la actividad de prevención para aislar a los trabajadores del riesgo y evitar que estos repercutan también en las ventajas competitivas del sistema productivo. (Neffa, 2017, p. 1)

En otras palabras, dichas condiciones son una serie de factores, que influyen en las actividades laborales, como, por ejemplo, la duración de la jornada laboral, la tecnología utilizada, o los sistemas remunerativos que la empresa utilice y medio ambiente de trabajo se refiere al espacio físico donde se desenvuelve el trabajador, en el cual se encuentra expuesto a posibles agentes de riesgo.

Por consiguiente, para que las condiciones y el medio ambiente de trabajo se encuentren dentro de los estándares y límites permisibles, se requieren realizar medidas de control, donde, se identifiquen los factores de riesgo que presentan en el puesto de trabajo los colaboradores. Para el caso de la presente investigación se establece como puesto de trabajo las granjas avícolas específicamente los galpones de aves de corral y a continuación se puntualiza en la definición de riesgo para un mejor entendimiento.

3.3 Riesgo

Es la probabilidad de que ocurran acciones negativas que perjudiquen la salud de las personas. (Suarez & Weng, 2011)

Con el objeto de comprender cuales son los factores de riesgo, tipos de riesgo, los estándares y límites permisibles que existen a la fecha, se presenta a continuación de manera breve una definición de estos:

3.4 Factores de riesgo

“Un factor de riesgo es cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente su probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión” (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020).

Esto significa que un factor de riesgo va más allá de lo laboral, lo podemos encontrar en nuestra vida cotidiana, en el entorno que nos movemos, donde influye el lugar físico, el medio ambiente, las herramientas de trabajo y demás, que pueden generar exposiciones o eventos peligrosos.

3.5 Clasificación de los factores de riesgo

Estos factores de riesgo como bien se nombró anteriormente se encuentran clasificados en 4 ramas las cuales son: seguridad, higiene, condiciones psico laborales y ergonómicas. Esta clasificación se muestra en el apéndice A, donde se puede observar los recuadros demarcados con color azul que trazan el tipo de riesgo identificado para la investigación, siendo la fuente de riesgo principal, el NH_3 en el ambiente de trabajo en las granjas avícolas.

3.6 Factor de riesgo químico

Toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética, que, durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvos, humos, gases o vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas. Se pueden clasificar en sólidos, líquidos y gases, estando comprendidos todos los pertenecientes a materiales particulados, humos, polvos, fibras, gases, vapores y líquidos en general. (Henaó, 2015)

3.7 Amoniacó

Para esta investigación, el amoniacó se entiende como un gas incoloro e irritante, que se produce a partir de la fracción nitrogenada de las deyecciones animales, por medio de la actividad microbiana, (Gil,2017) cabe recalcar que esta sustancia se presenta en diferentes estados y hace parte de nuestro día a día en distintas actividades, tanto humanas como ambientales, siendo esencial en algunos procesos como ejemplo, el mantenimiento para el equilibrio ácido-base en los tejidos de los mamíferos, como fertilizante utilizado en la agricultura y de manera natural es reciclado por el suelo, el agua y microorganismos como nutriente vegetal, y sin dejar atrás es interesante mencionar, que el amoniacó hace parte del aire que respiramos en niveles mínimos de 1-5 ppb (partes por billón) donde de manera fugaz, el cuerpo lo transforma en compuestos de amonio, para distribuirlo en el cuerpo y darle uso en el proceso de síntesis de material genético y proteínas,

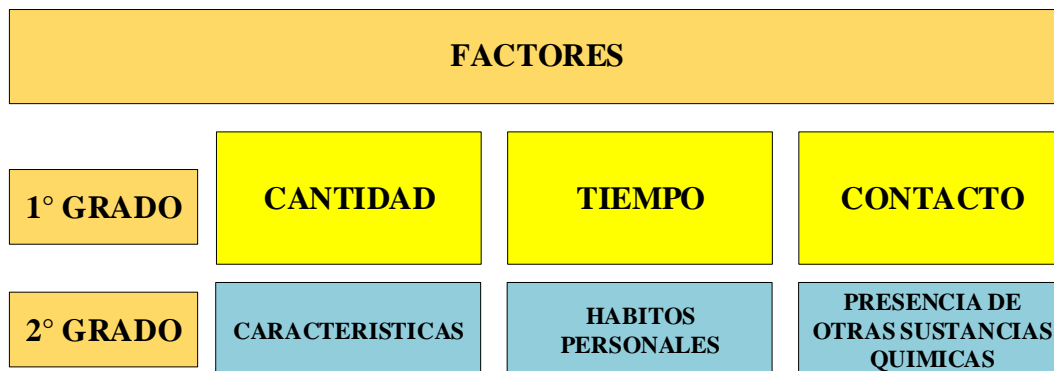
el exceso se elimina a través de la exhalación en cuestión de segundos o por medio del sistema urinario, después de unos días.

Por ello, para que el amoniaco sea nocivo para la salud, es importante tener en cuenta tres factores fundamentales, que influyen los cuales son: cantidad (dosis), tiempo de exposición (duración) y el contacto directo (manera de exposición) que se tiene con la sustancia. Existen otros tres factores para tener en cuenta en segundo grado de importancia, tales como: Características, hábitos personales y la presencia de otras sustancias químicas. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], 2004). Para el caso de la investigación se centra en el compuesto químico NH_3 presente en estado gaseoso, específicamente la gallinaza y pollinaza.

A continuación, se presenta de manera ilustre los factores a tener en cuenta para la medición del amoniaco nombrados anteriormente.

Figura 2.

Factores influyentes para determinar el grado de afectación producido por NH_3



3.7.1 Límites de exposición al amoniaco

A continuación se presenta de manera condensada los límites identificados para el NH_3 , por tres entidades oficiales las cuales son: OSHA, Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH), y Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales

(ACGIH), donde se tiene en cuenta la concentración del agente químico en relación con el tiempo de exposición máximo recomendado.

Tabla 1.

Límites permisibles de exposición ocupacional

	Límites regulatorios		Límites recomendados	
	OSHA PEL		NIOSH REL	ACGIH 2019 TLV
Sustancia	ppm	mg/m ³	< 10h TWA STEL Ceiling	8h TWA STEL Ceiling
Amoniaco	50	35	25 ppm (ST) 35 ppm	25 ppm (ST) 35 ppm

Nota: *United States Department of Labor. (2019). Adaptado de: <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/tablez-1.html>

**Para entender el significado de los términos dentro de la tabla 1 consultar apéndice B.

Cabe recalcar que los límites identificados por la OSHA, quien es el órgano federal que desarrolla los reglamentos y advertencias para proteger la salud pública de las personas en Estados Unidos, es la que se tomará como referencia para la investigación, teniendo en cuenta que los niveles de exposición son de 50 ppm a 8 horas. Vale mencionar que existen diferencias entre las entidades mencionadas en la tabla 1, ya que fueron calculadas de maneras distintas, con tiempos, concentraciones y el empleo de diferentes estudios tanto en animales como personas, donde influyeron diferentes factores, por tal razón se hace énfasis en los límites a tener en cuenta en esta exploración, como base para la comparación de los estudios hallados.

3.8 Antecedentes

Como bien lo afirman Velasco, Lara en compañía de Hernández, Gómez y Gaytán, (2016) uno de los problemas que se deriva de las explotaciones avícolas, es la emisión de gases y olores, los

cuales pueden afectar la salud humana, animal y vegetal, como también la productividad de esta. Además, se resalta el amoniaco como uno de los gases más contaminantes a evaluar en su estudio. Del cual parten para la realización de su proyecto, con el fin de identificar buenas prácticas de manejo de emisiones del NH_3 en las explotaciones avícolas basándose en 2 topes de concentración de amoniaco menores a 25 mg Kg^{-1} y valores por encima de 50 mg Kg^{-1} .

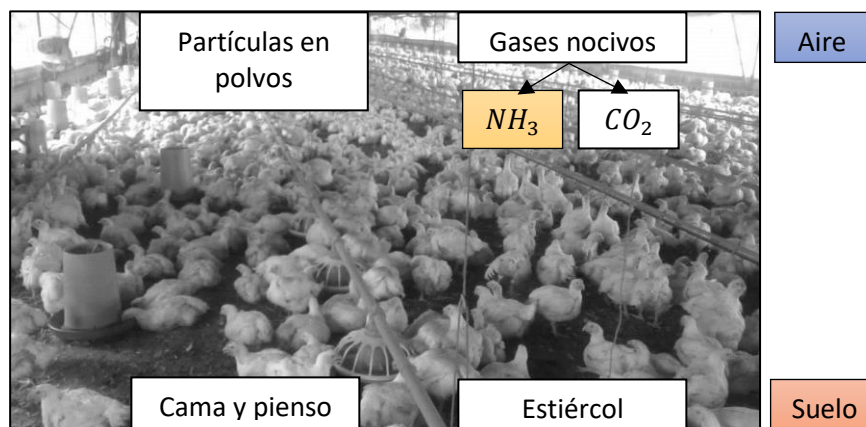
Asimismo, reconocen la existencia de agentes contaminantes, que se generan en las granjas avícolas, como las partículas del pienso, lixiviados, residuos sólidos y otros agentes que se suspenden en el aire, como los microorganismos patógenos, y los gases nocivos, que se concentran dentro de las granjas avícolas y que se pueden extender a lugares aledaños, afectando poblaciones vecinas.

Se identifican particularmente dentro del conjunto de microorganismos patógenos, polvo de pienso y de estiércol, bacterias, esporas de moho, endotoxinas, insectos y por parte de los gases usualmente emitidos en este tipo de producción son el amoniaco y el dióxido de carbono, como los principales contaminantes.

En la siguiente figura se visualizan los agentes contaminantes que se encuentran en el aire y en el suelo en grupos generales, identificados en el documento anterior, con el fin de entender su localización dentro de una granja avícola.

Figura 3.

Agentes contaminantes en granjas avícolas.



Resaltan que los parámetros que influyen en la producción del amoniaco y su alta concentración son: El PH, la humedad relativa, la ventilación, la temperatura, la estación del año y el estado de la cama y sus reúsos.

Por otro lado el departamento de salud y servicios humanos de los EEUU servicio de salud pública, a través de la Agencia para sustancias tóxicas y el riesgo de enfermedades, emitió un resumen de salud pública frente al amoniaco en el 2004, con el fin de abreviar una reseña toxicológica para el NH_3 , dando a conocer efectos significativos, tales como sufrir quemaduras en la piel, ojos, nariz, garganta o pulmones al inhalar NH_3 en concentraciones elevadas, “estas quemaduras pueden ser suficientemente graves, como para producir ceguera permanente, enfermedad de los pulmones o la muerte” (ATSDR,2004). De igual forma el departamento, difunde que el amoniaco no ha sido detectado a través de estudios, como una sustancia carcinogénica como lo pronuncia la Agencia de Protección Ambiental (EPA), el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC).

Sin embargo, a pesar de que esta validado el efecto perjudicial de la sustancia, como lo afirman Pezzuolo, Sartori Vigato y Guercini (2019), “el impacto de las emisiones aéreas de las granjas de animales, aún no se ha resuelto por completo y es fuente de mucha controversia y debate” quedando por definir los efectos que genera el amoniaco sobre los trabajadores del sector avícola.

4. Marco metodológico

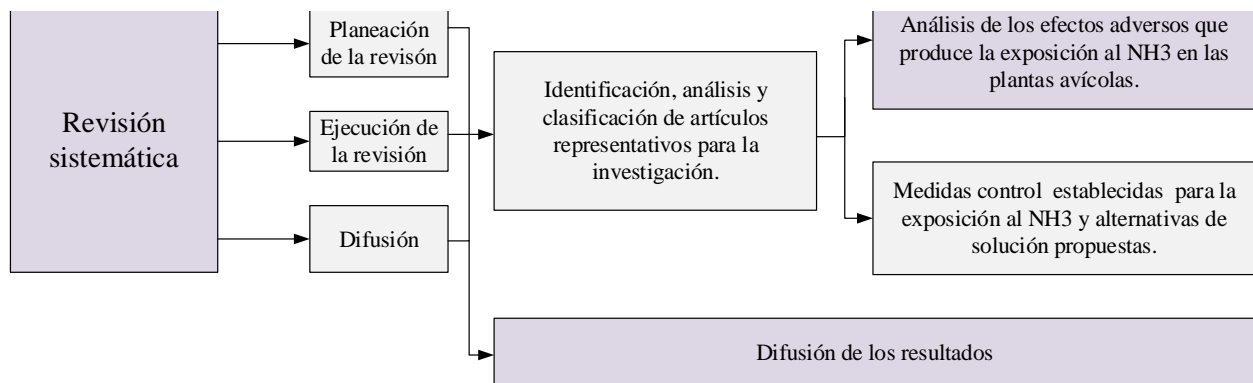
Teniendo en cuenta los objetivos mencionados, la metodología se plantea en tres etapas elementales: revisión sistemática, análisis de los efectos adversos que se generan en la salud de las personas ante la exposición de amoniaco y difusión. Estas etapas se presentan en la figura 1.

La revisión sistemática fue el punto de partida para el desarrollo del proyecto, ya que con esta se logró efectuar una inmersión teórica en la conceptualización de la temática y realizar una revisión bibliográfica, la cual fue útil para la generación del estado del arte.

Dentro de la revisión se identificaron, analizaron y clasificaron los artículos hallados, que se relacionan directamente con el tema investigativo. Posteriormente, se realizó el análisis de los efectos adversos que produce la exposición al NH_3 en las plantas avícolas y las posibles medidas de mitigación. La difusión de los resultados estuvo presente a partir de la revisión sistemática realizada.

Figura 4.

Metodología de la investigación adaptado de Rodríguez (2017). Estado del arte sobre estrategias de comercialización de tecnología.



4.1. Revisión sistemática

Para la revisión sistemática, se implementó el método expuesto por Tranfield et al., (2003), con el fin de estructurar la construcción del estado del arte, sobre los efectos adversos que produce la exposición al amoniaco en los trabajadores de granjas avícolas, como se podrá observar a continuación.

En el mismo orden de ideas se establecen una serie de etapas trazadas en la guía elegida, donde se realiza la formulación de las preguntas de investigación, se diseña un protocolo de búsqueda y se tiene en cuenta la calidad de la información, con el fin de presentar resultados y conclusiones

apoyados y respaldados, en estudios claves para la investigación. A continuación, se presenta la relación de cada una de las tres etapas y sus fases.

4.1.1. Planeación de la revisión

En la planeación de la revisión se llevó a cabo anticipadamente una reunión director – codirector – autor, con el fin de enfatizar criterios a tener en cuenta para la realización y desglose de la investigación, a través de las fases expuestas en la figura 5.

Figura 5.

Etapas de la revisión sistemática.

PLANEACIÓN	<p>FASE 0: Identificación de la necesidad de una revisión.</p> <p>FASE 1: Preparación de una propuesta de revisión</p> <p>FASE 2: Desarrollo de un protocolo de revisión</p>
EJECUCIÓN	<p>FASE 3: Identificación de la investigación.</p> <p>FASE 4: Selección de los estudios.</p> <p>FASE 5: Evaluación de la calidad de los estudios.</p> <p>FASE 6: Sintetización de datos.</p>
REPORTE	<p>FASE 7: Reporte y recomendaciones</p>

Nota: Adaptado de (Tranfield, et al., 2003). Extraído de: <https://doi.org/10.1111/1467-8551.003>

4.1.1.1. *Identificación de la necesidad de una revisión.* El grupo de investigación Finance & Management, tiene como objetivo contribuir con el desarrollo del conocimiento desde diferentes aristas, que recopila la ingeniería industrial. Para el marco del proyecto se aporta desde el área de seguridad y salud en el trabajo, con el fin de contribuir con la sociedad, científica y laboral, específicamente con los estudios y trabajadores que se encuentran inmersos en el área avícola, identificando posibles consecuencias en la salud, ante la exposición al amoniaco y soluciones ante el probable riesgo. Así mismo alimentar la información en el campo de investigación con enfoque de ingeniería, para Santander Colombia.

4.1.1.2. *Preparación de una propuesta de revisión.* En base a la congruencia de la investigación, se determina en su momento, la realización de un estado del arte para abordar desde el área científica, el estado actual de la literatura, e identificar, los textos más representativos en el campo, con el fin de explorar los posibles daños en la salud de los trabajadores en granjas de aves de corral y plantear medidas de mitigación ante la exposición de amoniaco. De este modo la pregunta acentuada fue: ¿Qué efectos adversos se producen ante la exposición de amoniaco en la salud de los trabajadores, de plantas de compostaje en granjas avícolas procedente del estiércol de las aves?

Posteriormente a la definición de la pregunta de investigación se llevó a cabo un acercamiento a la literatura en bases referenciales como Scopus, en la base de datos de Web of science, PubMed, en el buscador Google Scholar y de igual forma se realizó una conceptualización de los aspectos relacionados, a través de la literatura gris y sitios web especializados; esto con el fin de identificar los metadatos más acordes para la investigación y conglomerarlos en una ecuación de búsqueda, a continuación, se presentan las palabras claves identificadas.

Palabras claves: risk, danger, disease, hurt, effects, ammonia, health, wellness, worker, poultry, hen, chicken.

Las palabras claves hacen referencia a raíces importantes de la investigación, las cuales se identifican en tres grupos. El primer grupo, crea la relación con la exposición ocupacional, el segundo grupo de palabras hace alusión a la fuente de exposición y el tercero hace mención, al daño en la salud de las personas. Como se ilustra en la figura 6.

- Exposición ocupacional: enfermedad, dolor, efectos, peligro, riesgo, trabajador.
- Fuente: Amoniacó, NH_3 , aves de corral, gallina, pollo
- Daño a la salud del trabajador: salud, bienestar.

Figura 6.

Palabras claves clasificadas en los temas raíz para la búsqueda de información.

CRITERIOS: APORTE A LA LITERATURA PALABRAS CLAVES		
Exposición Ocupacional	Fuente	Daño a la salud del trabajador
Enfermedad Dolor Efectos Peligro Riesgo Trabajador	Amoniacó NH ₃ Aves de corral Gallina Pollo	Salud Bienestar

Posteriormente se crea un conjunto que concentra los tres grupos de la investigación a través de operadores booleanos, paréntesis y asteriscos, que define a la ecuación de búsqueda construida, presentada en el siguiente recuadro.

Ecuación de búsqueda

ALL (((risk OR danger* OR disease OR hurt OR effect*) AND (health* OR well-ness)) AND (ammonia OR NH_3) AND (poultry OR hen OR chicken) AND worker)

4.1.1.3. Desarrollo de un protocolo de revisión**Fase I. Selección de la fuente de información**

Para el protocolo de revisión se seleccionó la base referencial Scopus y la base de datos Web of science por el análisis en resultados, calidad y cantidad de los documentos, accesibilidad y entorno amigable con el usuario. Los criterios iniciales que acompañaron a la ecuación de búsqueda fueron una ventana de tiempo del 2012 al 2020.

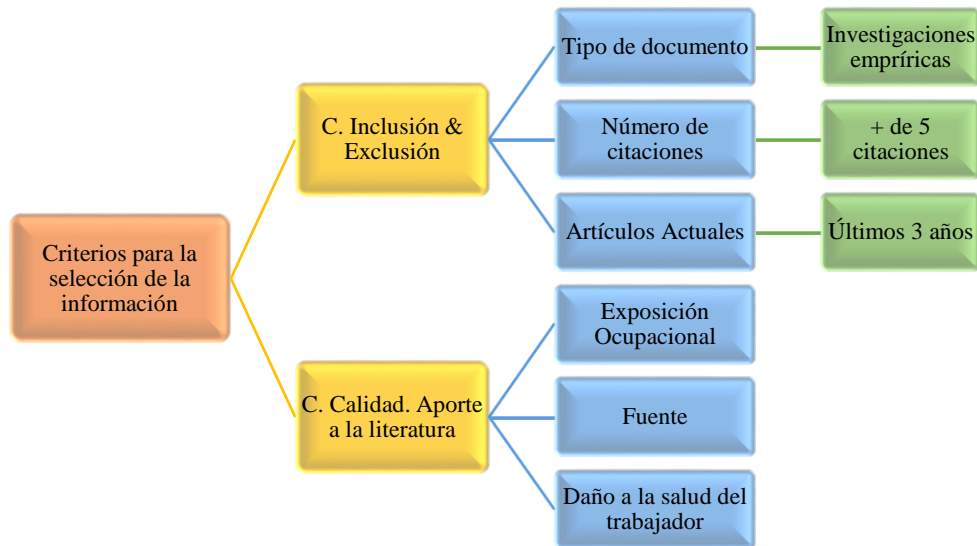
Fase II.

Con el fin de depurar el conjunto de documentos generados a partir de la búsqueda, se implementó el uso la metodología de revisión expuesta por Crossan y Apaydin (2010) para identificar los textos más representativos para el estado del arte.

Los criterios se dividen en dos, los cuales determinan a grosso modo: el tipo de documento con sus respectivas citas y la calidad con el aporte al tema de investigación. Como se ilustra en la figura 7.

Figura 7.

Diagrama de los criterios para la selección de la información para un estado del arte resumido del texto de (Crossan y Apaydin, 2010)



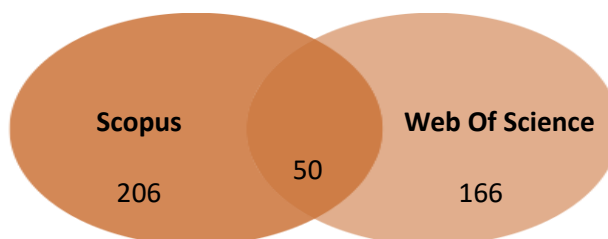
4.1.2. Ejecución

Se procedió a la aplicación de los criterios mencionados, de manera estructurada, con el fin de identificar los textos más acordes para la investigación.

4.1.2.1. Identificación de la investigación. Obteniendo de esta forma 206 documentos en la base referencial Scopus mientras que en la base de datos Web of science, se contó con 166 documentos arrojados; de los cuales 50 documentos se encuentran en la intersección de las dos herramientas; por tanto, la base referencial Scopus abarca una amplitud de manuscritos más amplia y se selecciona para el análisis.

Figura 8.

Cantidad de trabajos arrojados por las bases Scopus y Web of Science.

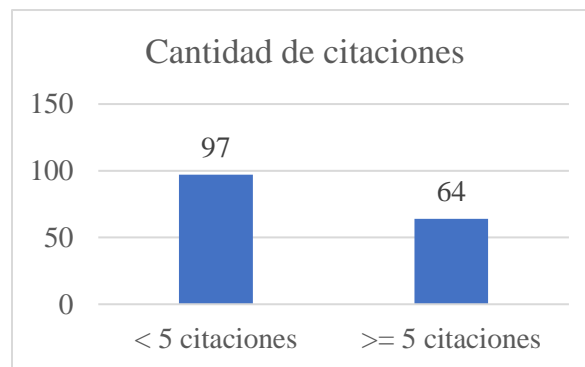


4.1.2.2. Selección de los estudios. Aplicando el primer criterio de inclusión y exclusión la cantidad de documentos extraídos se reduce a 161 investigaciones empíricas, ya que los 45 manuscritos excluidos son revisiones bibliográficas. Pasando de esta forma al segundo subcriterio el cual hace referencia a la cantidad de citaciones que tiene cada texto.

Se identifica que el texto más citado cuenta con 50 citaciones publicado en el año 2017 en la revista EFSA y a través del diagrama de barras que se presenta a continuación se puede observar la cantidad de documentos que cumplen con el criterio de inclusión mayor o igual a 5 citaciones, estos 63 manuscritos oscilan con fechas de publicación entre el año 2012 y 2019.

Figura 9.

Relación cantidad de investigaciones por criterio de inclusión y exclusión citaciones. Datos extraídos de Scopus.



Es importante tener en cuenta los artículos actuales, como se mencionó con anterioridad y el criterio de citación excluye indirectamente estos textos, ya que, por el poco tiempo de publicación, puede existir menor cantidad de citaciones. Por tal razón se anexan 12 documentos que se encuentran dentro de la ventana de tiempo más actual, correspondiente al año 2020 como límite mes Junio. Finalizando la aplicación del criterio de inclusión y exclusión, obteniendo un total de 76 manuscritos. (Ver apéndice C)

4.1.2.3. Evaluación de la calidad de los estudios. Pasando de esta forma, al segundo criterio que corresponde a la evaluación de calidad, donde se analiza el aporte significativo al tema de investigación a través de la lectura de títulos, resúmenes y conclusiones de cada documento.

En este segundo criterio, se vinculan 16 textos por medio del método de bola de nieve ya que aportan significativamente con la investigación; estos manuscritos cumplen con los criterios establecidos, es decir, se encuentran dentro de la ventana de tiempo 2012 – 2020 y son investigaciones empíricas. Esto se realiza ya que 9 de ellos, aportan al tema de efectos adversos en la salud, 6 aportan en el análisis de emisiones de amoniaco en granjas avícolas y 1 contribuye con medidas de mitigación viables; de esta forma se cuenta con un total de 92 manuscritos, los cuales se incorporan para el análisis de la información.

Análisis de la información como resultado de la revisión

A través de la clasificación de los documentos por temáticas investigativas que predominaron en la revisión sistemática, se logró analizar que, el 26% de los textos recopilados, hacen referencia a la salud de las personas dentro de las granjas avícolas y vecinas a estas; identifican síntomas, enfermedades y focos principales que generan afectación en la salud.

El siguiente grupo grueso de documentos, corresponde al 23% del total, son investigaciones sobre la evaluación y medición del amoniaco, en las granjas avícolas, donde identifican, que el NH_3 varía según diferentes parámetros que interfieren en la calidad del aire y la concentración de este.

Otro conjunto de manuscritos se centra en investigaciones sobre la exposición de amoniaco que sufren las aves, con el fin de demostrar deficiencias en la producción, calidad de la carne y salud de los pollos estos corresponden a un 14% de los textos recopilados. Acompañándolo el 4% de los

textos, que se enfoca exclusivamente en estudiar las condiciones y medio ambiente de las granjas avícolas, con fines productivos.

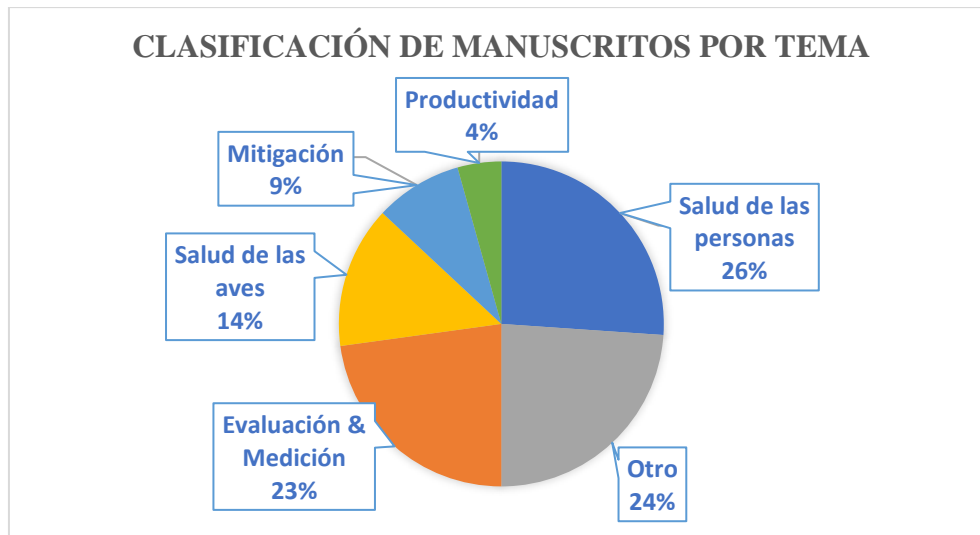
De igual manera una suma de 8 artículos se clasifica, en la utilización de diferentes métodos para mitigar las emisiones de amoniaco en las granjas avícolas, varios de estos, se enlazan con los documentos que realizan mediciones del compuesto, nombrados anteriormente.

Por último, una proporción significativa (correspondiente al 24% del total), clasificada como otro, hace referencia a estudios realizados en otros seres vivos, como el ganado porcino o el ganado bovino, también se evidencian artículos, con enfoques variantes al investigado, como lo son la sostenibilidad, la ecología, y usabilidad del amoniaco en mezcla con diferentes compuestos en laboratorio. (Clasificación general ver en apéndice D).

En la figura 10 se muestra la relación entre la cantidad de documentos recopilados y su clasificación respecto a la temática de investigación narrada anteriormente.

Figura 10.

Clasificación de manuscritos por tema



Como se observa en la figura 10, al aplicar el criterio de calidad, quedan excluidos los documentos que se encuentran en las siguientes temáticas dado que son incongruentes con la investigación: Otro, salud de las aves y productividad. Permaneciendo así 53 documentos de los 92 obtenidos en la fase anterior, como se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.

53 Manuscritos después de la aplicación de los criterios.

Título	Autor(es)	Año	Revista
<i>Acute respiratory effects of livestock-related air pollution in a panel of COPD patients</i>	Kersen et al.	Marzo 2020	Environment International
<i>Assessment of Respiratory Problems in Workers Associated with Intensive Poultry Facilities in Pakistan</i>	Yasmeen et al.	Marzo 2020	Safety and Health at Work
<i>Associations between proximity to livestock farms, primary health care visits and self-reported symptoms</i>	Dijk et al.	2016	BMC Family Practice
<i>Chronic exposure to emissions from photocopiers in copy shops causes oxidative stress and systematic inflammation among photocopier operators in India</i>	Elango et al.	2013	Environmental Health: A Global Access Science Source
<i>Culturable airborne bacteria in outdoor poultry-slaughtering facility</i>	Liang et al.	2013	Microbes and Environments
<i>Cytotoxicity of odorous compounds from poultry manure</i>	Nowak et al.	2016	International Journal of Environmental Research and Public Health
<i>Detection and analysis of fine particulate matter and microbial aerosol in chicken houses in Shandong Province, China</i>	Yang et al.	2018	Poultry Science
<i>Estimated time-varying exposures to air emissions from animal feeding operations and childhood asthma</i>	Loftus et al.	Enero 2020	International Journal of Hygiene and Environmental Health
<i>Evaluation of Respiratory Symptoms and Respiratory Protection Behavior Among Poultry Workers in Small Farming Operations</i>	Kearney et al.	2014	Journal of Agromedicine
<i>Field evaluation of personal sampling methods for multiple bioaerosols</i>	Wang et al.	2015	PLoS ONE
<i>Guideline for the Diagnosis and Treatment of Asthma</i>	Buhl et al.	2017	Pneumologie

Título	Autor(es)	Año	Revista
<i>Health conditions in rural areas with high livestock density: Analysis of seven consecutive years</i>	Dijk et al.	2017	Environmental Pollution
<i>Increased respiratory symptoms in COPD patients living in the vicinity of livestock farms</i>	Borlée et al..	2015	European Respiratory Journal
<i>Influence of commercial laying hen housing systems on the incidence and identification of Salmonella and Campylobacter</i>	Jones et al..	2016	Poultry Science
<i>Investigating the Role of State and Local Health Departments in Addressing Public Health Concerns Related to Industrial Food Animal Production Sites</i>	Fry et al.	2013	PLoS ONE
<i>Livestock-associated risk factors for pneumonia in an area of intensive animal farming in the Netherlands</i>	Freidl et al.	2017	PLoS ONE
<i>Morbidity rates in an area with high livestock density: A registry-based study including different groups of patients with respiratory health problems</i>	Baliatsas et al.	Marzo 2020	International Journal of Environmental Research and Public Health
<i>Occupational and Environmental Contributions to Chronic Cough in Adults: Chest Expert Panel Report</i>	Tarlo et al.	2016	Chest
<i>Patients with overlapping diagnoses of asthma and COPD</i>	Baliatsas et al.	2019	BMC Pulmonary Medicine
<i>Pneumonia risk of people living close to goat and poultry farms – Taking GPS derived mobility patterns into account</i>	Klous et al.	2018	Environment International
<i>Respiratory and sensory irritation symptoms among residents exposed to low-to-moderate air pollution from biodegradable wastes</i>	Blanes et al.	2014	Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology
<i>Respiratory health disorders associated with occupational exposure to bioaerosols among workers in poultry breeding farms</i>	Younis et al.	Junio 2020	Environmental Science and Pollution Research
<i>Temporal variability in odour emissions: To what extent this matters for the assessment of annoyance using dispersion modeling</i>	Brancher et al.	Enero 2020	Atmospheric Environment: X
<i>The Saskatchewan rural health study: An application of a population health framework to understand respiratory health outcomes</i>	Pahwa et al.	2012	BMC Research Notes
Título	Autor(es)	Año	Revista

<i>A monitoring system for laying hens that uses a detection sensor based on infrared technology and image pattern recognition</i>	Zaninelli et al.	2017	Sensors (Switzerland)
<i>Abatement of particulate matter emission from experimental aviary housings for laying hens by spraying rapeseed oil</i>	Winkel et al.	2016	Poultry Science
<i>Drying poultry manure for pollution potential reduction and production of organic fertilizer</i>	Ghaly et al.	2013	American Journal of Environmental Sciences
<i>Evaluation of the performance of Poultry-Bot, an autonomous mobile robotic platform for poultry houses</i>	Vroeginde-weij et al.	2018	Biosystems Engineering
<i>Technology and poultry welfare</i>	Sassi et al.	2016	Animals
<i>Factors and characteristics of ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, and particulate matter emissions from two manure-belt layer hen houses</i>	Ni et al.	2017	Atmospheric Environment
<i>Reducing respiratory health risks to horses and workers: A comparison of two stall bedding materials</i>	Saastamoinen et al.	2015	Animals
<i>The variability of bacterial aerosol in poultry houses depending on selected factors</i>	Bródka et al.	2012	International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health
<i>A biophysicochemical analysis of settled livestock and poultry housing dusts</i>	Gerald et al.	2014	American Journal of Agricultural and Biological Science
<i>A CFD based approach for determination of ammonia concentration profile and flux from poultry houses with natural ventilation [Una aproximación basada en CFD para determinar perfil de concentración y flujo de amoníaco en galpones avícolas con ventilación natural]</i>	Osorio et al.	2016	Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín
<i>Air emissions from broiler houses in California</i>	Lin et al.	2012	Transactions of the ASABE
<i>Ammonia and carbon dioxide concentrations in a layer house</i>	Kilic & Yaslioglu.	2014	Asian-Australasian Journal of Animal Sciences
<i>Ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide and particulate matter emissions from California high-rise layer houses</i>	Lin et al.	2012	Atmospheric Environment
Título	Autor(es)	Año	Revista

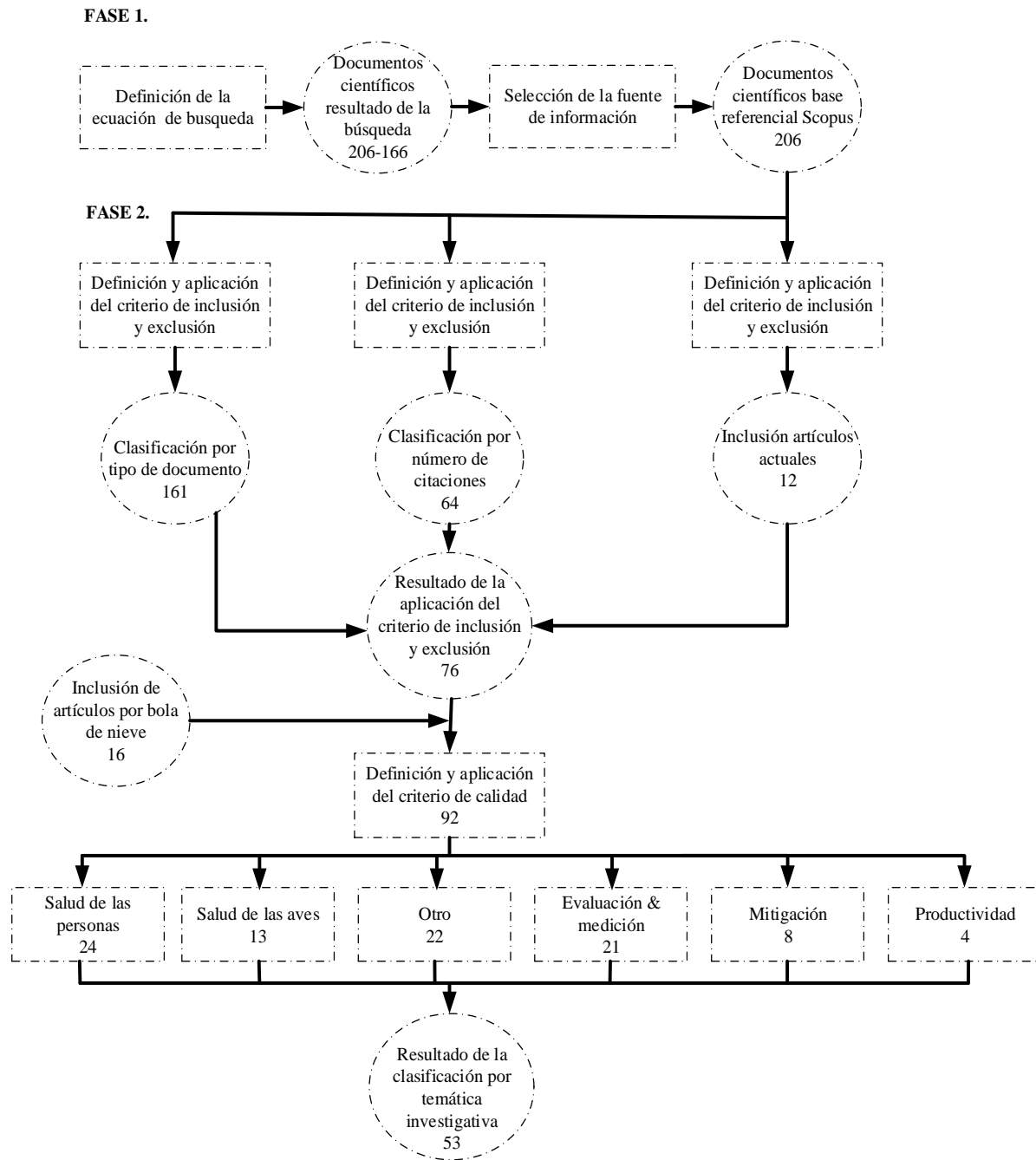
<i>Characteristics of ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, and particulate matter concentrations in high-rise and manure-belt layer hen houses</i>	Ni et al.	2012	Atmospheric Environment
<i>Distribution of particulate matter and ammonia and physicochemical properties of fine particulate matter in a layer house</i>	Shen et al.	2018	Poultry Science
<i>Effects of disinfectant fogging procedure on dust, Ammonia concentration, Aerobic bacteria and fungal spores in a farrowing-weaning room</i>	Costa et al.	2014	Annals of Agricultural and Environmental Medicine
<i>Environmental assessment of three egg production systems - Part III: Airborne bacteria concentrations and emissions</i>	Zhao et al.	2016	Poultry Science
<i>Evaluation of microbiological and chemical contaminants in poultry farms</i>	Skóra et al.	2016	International Journal of Environmental Research and Public Health
<i>Evaluation of Short-Term Exposure Levels on Ammonia and Hydrogen Sulfide During Manure-Handling Processes at Livestock Farms</i>	Park et al.	Marzo 2020	Safety and Health at Work
<i>Evolution of NH₃ concentrations in weaner pig buildings based on setpoint temperature</i>	Rodriguez et al.	Enero 2020	Agronomy
<i>Influence of different systems of minimum ventilation on air quality in broiler houses</i>	Menegali et al.	2012	Engenharia Agrícola
<i>Isotherm, thermodynamic and kinetic studies of selective CO₂ adsorption on chemically modified carbon surfaces</i>	Adelodun et al.	2016	Aerosol and Air Quality Research
<i>Model-predicted ammonia emission from two broiler houses with different rearing systems</i>	Lima et al.	2015	Scientia Agricola
<i>Monitoring total endotoxin and (1→3)-β-D-glucan at the air exhaust of concentrated animal feeding operations</i>	Yang et al.	2013	Journal of the Air and Waste Management Association
<i>PM_{2.5} from a broiler breeding production system: The characteristics and microbial community analysis</i>	Dai et al.	Enero 2020	Environmental Pollution
<i>Recent advances in passive air sampling of volatile organic compounds</i>	Huang et al.	2018	Aerosol and Air Quality Research
<i>Suitability evaluation of multipoint simultaneous CO₂ sampling wireless sensors for livestock buildings</i>	Calvet et al.	2014	Sensors (Switzerland)
<i>The development of seasonal emission factors from a canadian commercial laying hen facility</i>	Morgan et al.	2014	Atmospheric Environment
Título	Autor(es)	Año	Revista

<i>Toxic gas and respirable dust concentrations and emissions from broiler and cage-layer barns in the Canadian Prairies</i>	Huang & Guo.	Junio 2020	Environmental Science and Pollution Research
--	--------------	------------	--

4.1.2.4 **Síntesis de datos.** Cabe mencionar que mediante el uso de la herramienta Microsoft Excel, se pudo realizar la depuración, y extraer los textos que cumplían con los criterios; a manera de resumen de la revisión sistemática, se da a conocer el diagrama de selección y evaluación de documentos en la figura 11.

Figura 11.

Diagrama de selección y evaluación de documentos



4.1.3 Reporte

Para llegar a la etapa final correspondiente a la creación del estado del arte, de la cual se basa en el reporte, hace referencia a la fusión de la información recopilada mediante el análisis exhaustivo de los textos depurados en las etapas anteriores, visualizándose en próximos capítulos.

5 Revisión de la literatura

El estudio es importante complementarlo a través de un análisis bibliométrico con el fin de mostrar el tamaño, el crecimiento y distribución de los documentos científicos, además marcar tendencias y señalar posibles vacíos en la comunidad científica, para obtener un panorama descriptivo e interpretativo sobre el trabajo de investigación. El cual se presenta a continuación:

5.1 Análisis bibliométrico

5.1.1 Publicaciones por año

Para iniciar el análisis, se divisa que la investigación en el tema, ha tenido un comportamiento uniforme en el transcurso del 2012 al 2018, como bien lo muestra la gráfica de publicaciones por año; para el año 2019 no hubo tanta acogida en el tema, contando con un solo documento dentro del universo evaluado y para el año 2020, se observa una tendencia al alza con un total de 10 textos, que se ubican en el primer semestre del año, esto representa que actualmente hay un interés en los investigadores sobre el foco de la investigación.

Figura 12.

Publicaciones por año



5.1.2 Producción científica por país

Por otro lado, los países que se destacan por sus producciones científicas son Estados Unidos, China y Países Bajos, donde se centra el 64% de los manuscritos como se visualiza en la tabla 3. Además, realizando un barrido a nivel mundial por continentes, se contempla que 25 países muestran interés en la investigación científica y Europa es el continente que condensa mayor cantidad de países dentro de las publicaciones.

El total de las publicaciones mostradas en la tabla 3 excede el número de artículos seleccionados para la revisión (53), ya que son publicaciones realizadas entre dos o más países y gracias al diagrama de relaciones (figura 13) que da a conocer un esquema de las asociaciones existentes entre países para la producción en el tema, se puede observar la colaboración existente y la posibilidad de compartir información, gracias a las redes entre diferentes países que realizan estudios con un fin común. De esta forma se permite el intercambio de la información con países top en publicaciones y el aprendizaje en la construcción de nuevas investigaciones y enfoques.

Tabla 3.

Número de publicaciones por país involucrado.

País	Número de publicaciones	País	Número de publicaciones
Estados Unidos	16	Italia	2
China	9	Corea del Sur	2
Países Bajos	9	Turquía	2
Canadá	7	Reino Unido	2
Austria	4	Bélgica	1
Brasil	3	Colombia	1
Polonia	3	Dinamarca	1
España	3	Egipto	1
Australia	2	Finlandia	1
Alemania	2	India	1
Nigeria	1	Suecia	1
Pakistán	1	Taiwán	1
Sudáfrica	1		
		Total	77

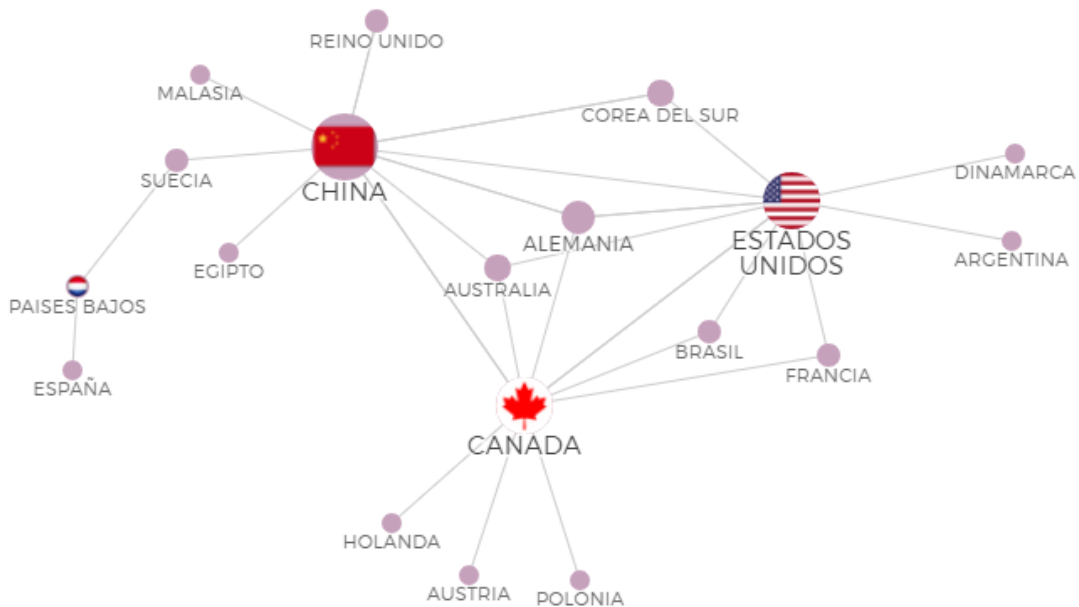
Nota: Adaptado de Scopus. (2020).

Asimismo, se analiza que existe una relación directa entre las mayores producciones de documentos en el tema con los países líderes en la industria avícola.

Para recordar y fundamentar esta relación, Estados Unidos es el mayor productor mundial de carne avícola seguido de China y Brasil, Asia es la mayor región productora de huevos donde se destaca China nuevamente (Food and Agriculture Organization [FAO], 2020).

Figura 13.

Diagrama de relaciones Producción científica entre países.



5.1.3 Publicaciones por revistas

En la figura 14 se destacan las 10 revistas que cuentan con mayores publicaciones en el tema de estudio, conteniendo de esta forma el 52% del total de artículos analizados. Esto concuerda con el comportamiento al que refiere la Ley de Bradford o también conocida como la Ley de dispersión de la literatura científica, ya que una proporción significativa de las publicaciones, se encuentran agrupadas en un pequeño número de revistas (Bradford, 1934).

Las revistas más sobresalientes son: *Poultry Science* con 6 publicaciones, siguiéndole *Atmospheric Environment* con 4, *Plos One* e *International Journal Of Environmental Research And Public Health* cada una con 3 publicaciones. Además, analizándolo de manera conjunta, la participación de 35 revistas da a conocer la importancia del tema de investigación por diferentes entes de estudio.

Figura 14.

Gráfico de jerarquía de Las 10 revistas más destacadas en la investigación.



5.1.4 Publicaciones por autor

Por otra parte, se evalúa la cantidad de documentos publicados por autor, con el fin de observar la productividad de los mismos en el tema de investigación; cómo se puede contemplar en la tabla 4, que muestra la cantidad de publicaciones realizadas de los 10 autores con mayor cantidad de artículos, se observa que Smit Lidwien A., es el autor con mayor cantidad de manuscritos en el tema, contando con 7 publicaciones a la fecha, tanto el cómo los siguientes dos autores Borlée Floor y Heederik, Dick J. que cuentan con 5 artículos publicados cada uno, son pertenecientes al Instituto de Ciencias de Evaluación de Riesgos de la Universidad de Utrecht en Países Bajos.

Además, se evidencia que el 85% de los autores cuentan con una sola publicación para el tema de investigación, esto quiere decir, que hay un interés común por diferentes personas alrededor del mundo en el tema.

Tabla 4.

Los 10 autores con mayor cantidad de publicaciones.

Autor	Número de publicaciones
Smit, L.A.M.	7
Borlée, F.	5
Heederik, D.	5
Heber, A.J.	4
Van Dijk, C.E.	4
Yzermans, C.J.	4
Baliatsas, C.	3
Cortus, E.L.	3
Heederik, D.J.J.	3
Bogan, B.W.	2
Chai, L.	2

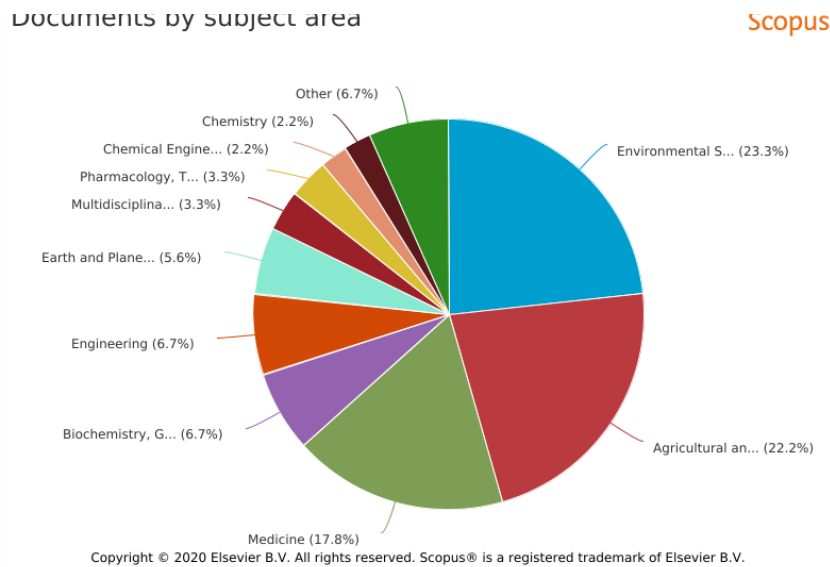
Nota: Adaptado de Scopus (junio,2020). Adaptado de: <https://bit.ly/3fGCiEa>

5.1.5 Publicaciones por área

Continuando con el estudio, se analiza la gráfica circular que describe a groso modo las áreas en las que participa el tema de investigación, destacándose ciencia del medioambiente y ciencias agropecuarias y biológicas con un 23% y 22% respectivamente, medicina con 17.8% y bioquímica e ingeniería con 6.7% entre otras áreas; entendiéndose como tópicos que realmente van relacionados con los efectos adversos a la salud en las personas trabajadoras de las granjas avícolas, que se encuentran expuestos al amoniaco.

Figura 15.

Gráfico circular de los Documentos por área. Extraído de Scopus.



Nota: Un artículo puede estar categorizado en dos o más áreas.

5.1.6 Artículos más citados

En cuanto a citaciones, la tabla 5 muestra los cinco artículos más citados en la base referencial Scopus, los cuales tienen participación Estados Unidos en tres de ellos, Alemania el cual cuenta con 34 autores para un solo artículo, un número significativo; y por otro lado, India con un solo manuscrito; también se observa que, dos de ellos se encuentran publicados en *Atmospheric Environment* una de las revistas más destacadas, y por último resaltar el artículo titulado *Increased respiratory symptoms in COPD patients living in the vicinity of livestock farms*, ya que sus 5 autores se encuentran entre los 10 autores con mayores publicaciones.

Tabla 5.*Artículos más citados*

Título	Revista	Autor(es)	País	N° de citas	Año de publicación
Increased respiratory symptoms in COPD patients living in the vicinity of livestock farms	European Respiratory Journal	Borlée F., Yzermans C.J., Van Dijk C.E., Heederik D., Smit L.A.M.	Estados Unidos	43	2015
Ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide and particulate matter emissions from California high-rise layer houses	Atmospheric Environment	Lin X.-J., Cortus E.L., Zhang R., Jiang S., Heber A.J.	Estados Unidos	41	2012
Characteristics of ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, and particulate matter concentrations in high-rise and manure-belt layer hen houses	Atmospheric Environment	Ni J.-Q., Chai L., Chen L., Bogan B.W., Wang K., Cortus E.L., Heber A.J., Lim T.-T., Diehl C.A.	Estados Unidos	40	2012
Chronic exposure to emissions from photocopiers in copy shops causes oxidative stress and systematic inflammation among photocopier operators in India	Environmental Health: A Global Access Science Source	Elango N., Kasi V., Vembhu B., Poornima J.G.	India	39	2013
Guideline for the Diagnosis and Treatment of Asthma	Pneumologie	Buhl R., et al.	Alemania	31	2017

Nota: La columna N° de citas, hace referencia a las veces que se ha citado el documento en Scopus. Adaptado de Scopus (junio,2020). Adaptado de: <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2150/search/form.uri?display=basic&zone=header&origin=recordpage>

5.1.7 Palabras claves más usadas

Para finalizar, en la tabla 6 se clasifican las 20 palabras más usadas dentro de los 53 artículos que abarca la investigación, donde se puede observar que los autores se centran en emplear palabras que van directamente relacionadas con la fuente de exposición y exposición ocupacional de manera general que tolera el trabajador en su ambiente laboral.

Tabla 6.*Las 20 palabras claves más usadas*

Palabras claves	N° de Documentos	Palabras claves	N° de Documentos
Animals	24	Adult	11
Article	23	Animal Husbandry	11
Animal	22	Agriculture	10
Human	21	Air pollutant	10
Female	18	Occupational Exposure	10
Humans	18	Air Quality	9
Ammonia	15	Animal Housing	9
Particulate Matter	14	Chicken	9
Male	13	Chickens	9
Poultry	12	Enviromental Exposure	9

Adaptado de Scopus (junio,2020). Adaptado de: <https://bit.ly/3fGCiEa>

5.2 Análisis de los efectos adversos arrojados por la literatura

Se relaciona la cantidad de manuscritos que expresan como relevante el síntoma, la reacción y/o la enfermedad significativa, sobre la población objetivo versus la muestra de control. Esto quiere decir que en los estudios hubo una mayor cantidad de efectos adversos sobre la salud, pero los más frecuentes y representativos estadísticamente determinados en cada investigación, son los considerados dentro de la recopilación realizada.

5.2.1 Reacciones y síntomas

A través de la revisión de los manuscritos enfocados en evaluar la salud de las personas adyacentes y/o trabajadores de granjas avícolas, se presenta en la tabla 7 la recopilación de los síntomas y reacciones, que el cuerpo genera ante la exposición, identificadas en los estudios aplicados en diferentes poblaciones.

Tabla 7.*Reacciones y síntomas más representativos en la revisión*

Reacciones y Síntomas	N° de documentos	Autores	%
Tos	5	Blanes-Vidal et al. (2014), Kearney et al. (2014), Tarlo et al. (2016), Yasmén et al. (2020), Younis et al. (2020)	13%
Sibilancias	5	Blanes-Vidal et al. (2014), Borlée et al. (2015), Yasmén et al. (2020), Younis et al. (2020), Van Dijk et al. (2016)	13%
Disminución en la función pulmonar	4	Loftus et al. (2020), Van Dijk et al. (2016), Van Kersen et al. (2020), Yasmén et al. (2020)	10%
Irritación ocular	3	Blanes-Vidal et al. (2014), Kearney et al. (2014), Yasmén et al. (2020)	8%
Irritación nasal	3	Blanes-Vidal et al. (2014), Kearney et al. (2014), Yasmén et al. (2020)	8%
Síntomas respiratorios agudos	3	Baliatsas et al. (2019), Baliatsas et al. (2020), Van Dijk et al. (2017)	8%
Problemas de flema	2	Kearney et al. (2014), Yasmén et al. (2020)	5%
Infección tracto respiratorio inferior	2	Baliatsas et al. (2019), Baliatsas et al. (2020)	5%

Reacciones y Síntomas	N° de documentos	Autores	%
Dificultad para respirar	1	Younis et al. (2020)	3%
Opresión en el pecho	1	Yasmen et al. (2020)	3%
Aumento de la inflamación sistémica	1	Loftus et al. (2020)	3%
Rinitis alérgica	1	Van Dijk et al. (2017)	3%
Inflamación del tracto respiratorio superior	1	Younis et al. (2020)	3%
Dolor de garganta	1	Yasmen et al. (2020)	3%
Irritación de garganta	1	Kearney et al. (2014)	3%
Obstrucción leve en el tracto respiratorio	1	Yasmen et al. (2020)	3%
Disnea	1	Yasmen et al. (2020)	3%
Alergias nasales	1	Borlée et al. (2015)	3%
Irritación sinusal	1	Kearney et al. (2014)	3%
Alergias en la piel	1	Yasmen et al. (2020)	3%
Inflamación del pulmón	1	Younis et al. (2020)	3%
Total	40		100%

Nota: Un manuscrito puede estar categorizado en dos o más filas, ya que un estudio puede identificar varios síntomas y/o reacciones en la población evaluada.

Tos

La tos, las sibilancias y la disminución en la función pulmonar fueron los síntomas con mayor cantidad de registros entre estudios; representando el 35% de los hallazgos determinados. Los fumadores fueron identificados dentro de la población más susceptible en presentar tos (Tarlo et al., 2016), las personas expuestas al amoniaco en concentraciones “ $> 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fueron significativamente más propensos a experimentar una mayor frecuencia de tos y sibilancias en comparación con los residentes expuestos a concentraciones de $\text{NH}_3 < 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ” (Blanes-Vidal et al., 2014, p. 394).

Sibilancias

“La sibilancia se define como un sonido espiratorio musical continuo causado por una obstrucción intratorácica de las vías respiratorias” (Miles & Mutasim, 2007, p. 229). Dentro de la población más susceptible a presentar sibilancias, se identificó a las personas con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en áreas con alta densidad de granjas ganaderas (> 11 granjas dentro de 1000 m) (Borlée et al., 2015). Lo anterior quiere decir que las personas que padecen de EPOC pertenecen a una población sensible a presentar más síntomas respiratorios, como lo son las sibilancias.

Disminución en la función pulmonar

La disminución en la función pulmonar se presentó con mayor afectación en niños que padecían asma y en los días posteriores a una mayor exposición a las emisiones de AFO, fue donde mayor disminución se evidenció (Loftus et al., 2020). Cabe mencionar que los niños hacen parte de la población objetivo ya que hacen parte de las familias vivientes de las granjas evaluadas. AFO es un lote o instalación donde se mantienen animales confinados y alimentados o mantenidos durante 45 o más días al año, y los cultivos, la vegetación o el crecimiento de forrajes no se mantienen durante un período de crecimiento normal (EPA, 2009, p. 1).

La experiencia laboral tuvo una relación significativa con respecto a la disminución en la función pulmonar. Un estudio realizado sobre 79 trabajadores avícolas en Pakistán evaluó el efecto del ambiente avícola de región climática cálida, en la salud de los avicultores expuestos en su trabajo. Realizaron una clasificación de la población objetivo en años de experiencia laboral, simultáneamente, si eran fumadores o no fumadores y a través de un análisis estadístico descriptivo sobre los resultados de la espirometría. Dicho estudio concluyó que “la capacidad de la función pulmonar está directamente relacionada con los años de experiencia laboral ya que el 14% de los trabajadores, tenía obstrucción leve y problemas respiratorios como opresión en el pecho, irritación de ojos y nariz, tos, dolor de garganta, disnea, sibilancias, problemas de flema y alergias en la piel que se manifestaban con mayor fuerza en invierno” (Yasmeen et al., 2020, p 119).

Sin embargo, mencionan una fuerte alusión al efecto de supervivencia saludable en dicha investigación. El 86% de los trabajadores se encontraban en estado saludable, además subrayan que la mayoría de los trabajadores avícolas eran jóvenes en las instalaciones, lo que podría deberse a la alta tasa de rotación en este sector (Yasmeen et al., 2020).

5.2.2 Enfermedades

En el análisis de las enfermedades más reiterativas relacionadas en los manuscritos analizados, se presentaron: neumonía, asma y bronquitis crónica que representan el 75% de los hallazgos determinados en esta sección, como se aprecia en la tabla 8.

Tabla 8.*Enfermedades más representativas en la revisión*

Enfermedades	N° de documentos	Autores	%
Asma	5	Borlée et al. (2015), Buhl et al. (2017), Loftus et al. (2015a), Van Dijk et al. (2017), Younis et al., (2020)	31%
Neumonía	4	Baliatsas et al. (2019), Baliatsas et al. (2020), Freidl et al. (2017), Klous et al. (2018)	25%
Bronquitis crónica	3	Kearney et al. (2014), Van Dijk et al. (2017), Younis et al. (2020)	19%
Enfermedades respiratorias	3	Pahwa et al. (2012), Yang et al. (2018), Younis et al. (2020)	19%
Bronquiectasia	1	Van Dijk et al. (2017)	6%
Total	16		100%

Nota: Un artículo puede estar categorizado en dos o más filas, ya que un estudio puede identificar varias enfermedades en la población evaluada.

Neumonía

El Departamento de Desastres y Peligros Ambientales del Instituto Holandés para la Investigación de Servicios de Salud llevó a cabo una investigación, que buscaba evaluar la prevalencia de problemas respiratorios y otros problemas de salud en un área densa de ganado, el cual fue realizado bajo registros electrónicos de salud, contemplados durante el periodo 2014-2016. Identificaron que la neumonía se presentaba con mayor significancia en la población objetivo que en el grupo de control, y los más afectados o susceptibles a presentarla fueron niños, ancianos y pacientes con EPOC (Baliatsas et al.,2020).

Por otro lado, se llevó a cabo un comparativo entre granjas intensivas de diferentes animales: cabras y aves de corral, y en dos estudios coincidieron que hay menor exposición en granjas avícolas que en granjas intensivas de cabras (Freidl et al. 2017; Klous et al., 2018).

Asma

Una de las manifestaciones respiratorias significativamente más prevalente entre los trabajadores de las granjas de cría de aves de corral, con respecto al grupo de control evaluado, fue el asma. Este estudio fue realizado por la facultad de medicina de la Universidad de Menoufia Egipto que determinaba el estado de la salud respiratoria de los trabajadores de 10 granjas avícolas, bajo las condiciones biológicas y ambientales de los galpones, los cuales declararon que la mayoría de ellos, no excedían los límites de exposición permisibles del amoniaco, a excepción de uno, que presentó 25,4 ppm de amoniaco, el rango de concentración estuvo entre 17,3 - 25,4 ppm. (Younis et al., 2020).

Por otro lado, la Sociedad Alemana de Neumología y Medicina Respiratoria, en conjunto con la Liga Alemana Respiratoria, la Sociedad de Neumología Pediátrica y la Sociedad Austriaca de Neumología dentro del manuscrito realizado, identificaron que de 9% a 25% de los casos de asma en adultos, tienen causas relacionadas con el trabajo y dan a conocer las áreas de trabajo principales donde se frecuentan hallazgos de asma ocupacional, presentando un riesgo particular con respecto a las demás y entre ellas se evidencian las granjas avícolas (Buhl et al., 2017).

Bronquitis crónica

En el estudio realizado por la Universidad de Menoufia Egipto, dentro de los trastornos de la salud respiratoria asociados con la exposición ocupacional a bioaerosoles en trabajadores de granjas de cría de aves de corral, se identificó que el 16% de la población objetivo presentó bronquitis crónica, Además, que el 35,7% de los trabajadores expuestos, estaban infectados con bacterias u hongos frente al 12,5% del grupo de control. (Younis et al., 2020). En otro estudio que analizaba las condiciones de salud en zonas rurales con alta densidad ganadera sobre siete años consecutivos, la bronquitis crónica también fue una de las enfermedades detectadas y prevalentes en la población objetivo (Van Dijk et al., 2017).

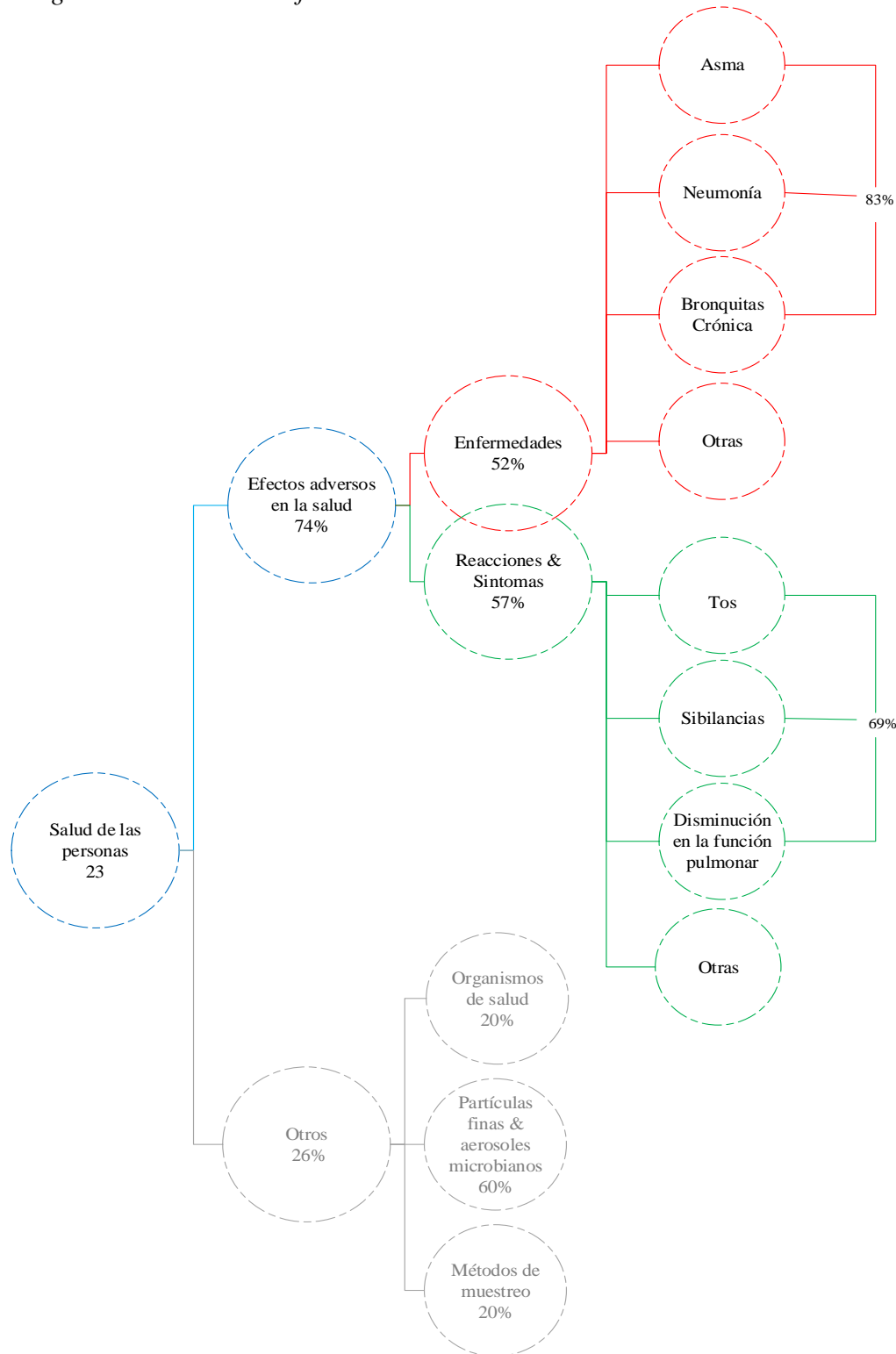
A manera de contraste, en el estudio realizado por Baliatsas et al., mencionaban que no hubo diferencias significativas entre la muestra evaluada en condiciones de enfermedades crónicas como EPOC, asma, alergias y déficit de la función pulmonar, con respecto a la muestra de control observada (2020). Es decir, que no se puede relacionar aún, a través de este estudio, que estar expuesto en granjas avícolas pueda acarrear enfermedades crónicas, para ello es de suma importancia la generación de nuevas investigaciones en este campo.

Con el fin de observar los hallazgos identificados en la revisión de la literatura, se presenta la figura 16, que a representa un diagrama a manera de síntesis, que clasifica los documentos evaluados en la sección de la salud de las personas.

Se evaluó que el 74% de los artículos comprendidos en la sección salud de las personas, identifican efectos adversos en la población explorada, por otro lado el 26% de los artículos se enfocan en evaluar, analizar las concentraciones de las partículas finas y aerosoles microbianos (e.g. Jones et al. 2016; Liang et al. 2013; Nowak et al. 2016), comprobar métodos de muestreo y análisis para la evaluación de la exposición personal de bioaerosoles múltiples (Wang et al., 2015) y por último evaluar el papel de los organismos de salud en los alrededores de las instalaciones de producción de alimento animal (Fry et al. 2013). Estos últimos artículos fueron clasificados como otros, dado que no van directamente enfocados en identificar posibles efectos que perjudiquen la salud de los avicultores.

Figura 16.

Diagrama de la clasificación de los documentos sobre la salud de las personas



Nota: *Un documento puede estar categorizado en la clasificación enfermedades como en reacciones y síntomas, ya que un estudio puede identificar variedad de efectos adversos en la población evaluada.

Asimismo, se infiere que los artículos enfocados en la evaluación de la salud de las personas, requieren mayor tiempo para su ejecución y publicación, interpretando de esta forma el tiempo como uno de los parámetros claves a tener en cuenta, dado que el periodo donde se concentran la mayor cantidad de los artículos, su duración corresponde entre un año y 5 años (e.g., Blanes et al. 2014; Freidl et al. 2017; Pahwa et al. 2012 5; Van Dijk et al. 2016), mientras que los artículos que se centran en evaluar y analizar las concentraciones de las partículas finas y aerosoles microbianos en los gallineros, se realizan en un periodo menor a dos años (e.g., Lin et al. 2012; Ni et al. 2012; Skóra et al. 2016) o no se especifica el tiempo requerido o utilizado para la investigación.

Por otro lado, se determinó que el 52% de los artículos, dentro de la clasificación salud de las personas, identifican enfermedades representativas en la población objetivo del estudio, dentro de ellas el asma, la neumonía y la bronquitis crónica. Todo parece indicar que estas son las enfermedades más citadas, dado que 5 (Borlée et al. 2015; Buhl et al. 2017; Loftus et al. 2015^a; Van Dijk et al. 2017 y Younis et al. 2020), 4 (Baliatsas et al. 2019; Baliatsas et al.2020; Freidl et al.2017 y Klous et al. 2018) y 3 (Kearney et al. 2014; Van Dijk et al. 2017 y Younis et al. 2020), artículos respectivamente reiteran el hallazgo de estas enfermedades, correspondiendo al 83% dentro de la sección concerniente a las enfermedades más sobresalientes. Sin embargo, en los textos (Pahwa et al. 2012; Yang et al. 2018 & Younis et al. 2020) se alude a la posibilidad de contraer alguna enfermedad respiratoria, sin hacer énfasis en una específica, partiendo en la identificación de síntomas que probablemente representen más adelante, afectaciones mayores en la salud de las personas.

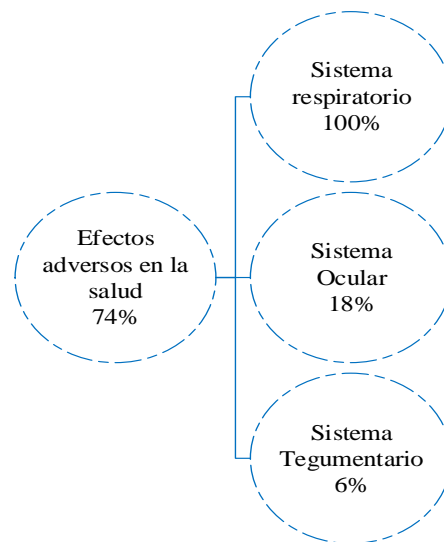
Por otro lado, el 57% de los artículos dentro de la clasificación salud de las personas, identifican reacciones y síntomas, de los cuales la tos, las sibilancias y la disminución en la función pulmonar, se encuentran dentro de los más significativos en las investigaciones, de este grupo de documentos, 5 artículos identificaron tos en la población objetivo (Blanes-Vidal et al. 2014; Kearney et al.

2014; Tarlo et al. 2016; Yasmien et al. 2020 y Younis et al. 2020), 5 registran sibilancias (Blanes-Vidal et al. 2014; Borlée et al. 2015; Van Dijk et al. 2016; Yasmien et al. 2020 y Younis et al. 2020) y 4 disminución en la función pulmonar (Loftus et al. 2020; Van Dijk et al. 2016; Van Kersen et al. 2020 y Yasmien et al. 2020), correspondiendo al 83% de los documentos dentro de las reacciones y síntomas. Adicionalmente existen más síntomas y enfermedades dentro de los hallazgos, como la irritación ocular, la irritación nasal (Blanes et al. 2014; Kearney et al. 2014 y Yasmien et al. 2020), síntomas respiratorios agudos (Baliatsas et al.2019; Baliatsas et al. 2020 y Van Dijk et al. 2017), problemas de flema (Kearney et al. 2014 y Yasmien et al.2020) infección del tracto respiratorio inferior (Baliatsas et al. 2019 y Baliatsas et al. 2020) dificultad para respirar (Younis et al. 2020) entre otros.

De manera global se condensa la información recolectada de los síntomas y enfermedades en la figura 17, con el fin de clasificar los hallazgos en grupos más representativos, dependiendo de la afectación identificada por los estudios.

Figura 17.

Diagrama sobre los sistemas afectados en la salud de las personas expuestas en granjas.



Nota: *El 74% corresponde al conjunto de documentos que identifica efectos adversos en la salud en la sección denominada salud de las personas.

**Un documento puede estar categorizado en más de un sistema afectado, ya que un estudio puede identificar variedad de efectos adversos en la población evaluada.

***Sistema Tegumentario: “Es el conjunto de órganos que forma la cubierta externa del cuerpo y lo protege de muchas amenazas como infección, desecación, abrasión, agresión química y daño por radiación. En los seres humanos, el sistema tegumentario incluye la piel, un epitelio queratinizado engrosado formado por múltiples capas, células especializadas, glándulas sudoríparas entre otras”. (Biology Dictionary, 2019, p. 1) Adaptado de <https://biologydictionary.net/integumentary-system/>

Se puede observar que el sistema respiratorio es el más representativo en sufrir afectación ante la exposición en granjas, dado que el 100% (e.g Blanes-Vidal et al.2014; Kearney et al. 2014, Younis et al. 2020) de los documentos presentaron hallazgos (enfermedades, síntomas y reacciones) en la población evaluada, asimismo, el 18% (Blanes et al. 2014; Kearney et al. 2014; Yasmen et al. 2020) de los artículos demostraron afectación sobre el sistema ocular y por último el sistema tegumentario donde el 6% (Yasmen et al. 2020) manifestaba alteraciones en la piel.

5.2.3 Factores de riesgo

“Actualmente no existe una explicación clara para identificar el agente responsable del riesgo de neumonía constante en las personas expuestas a las granjas avícolas” (Balitatsas et al., 2020, p 9). Sin embargo, Baliatsas et al., aluden a Rivas et al. (2015), Maassen et al. (2016) y a Cheng et al. (2008) quienes manifiestan que cuando las personas se encuentran expuestas a sustancias como el moho, el polvo fino, las endotoxinas y el amoníaco, se vuelven más susceptibles a las infecciones respiratorias.

La presencia de una granja ganadera dentro de los 100 metros de la dirección del hogar del trabajador se asocia significativamente de manera negativa con personas que ya padecen enfermedades como asma y/o EPOC (Borlée et al.,2015). Resultado del estudio realizado sobre grupos

potencialmente susceptibles, como lo son los pacientes con una enfermedad pulmonar preexistente.

Se identifica a través de la revisión desarrollada que la concentración del amoniaco tiene una relación directa con la estación y el clima presentado, ya que los niveles de amoniaco más altos se evidenciaron en invierno como concuerdan (Lin et al., 2012; Ni et al., 2012; y Zaninelli et al., 2017). Quienes describen que esto sucede porque el alto flujo de aire en verano permite que se estabilice el estiércol haciendo que este se seque; en cambio en invierno, como la parte externa del galpón se encuentra a bajas temperaturas, las tasas de ventilación internas bajan y esto es desfavorable para eliminar eficazmente la humedad de las casas, la cual es una variable directamente proporcional con la liberación de amoniaco del estiércol (Ni et al., 2017). Sin embargo, las tasas de emisión de las PM 10 que se localizan en las granjas, en verano son más altas que en invierno porque las condiciones más secas, y las velocidades internas más altas del aire, aumentan la liberación de plumas, alimento y estiércol (2017).

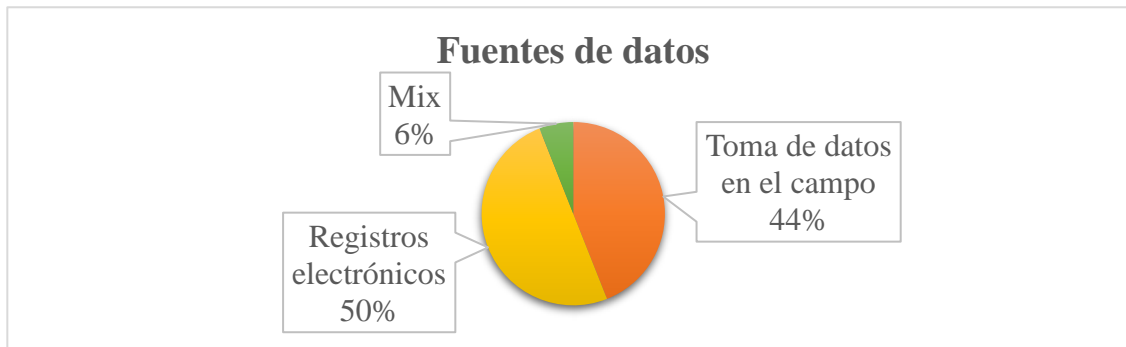
Por otro lado, son limitados los manuscritos que fusionan el estudio sobre los efectos adversos en la salud de las personas y los niveles de amoniaco como una de las fuentes de riesgo principales. Los manuscritos de (Blanes-Vidal et al. 2014 y Younis et al. 2020) contemplados dentro de la revisión, se caracterizan por enlazar estas dos aristas en la investigación realizada como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9.*Relación efectos adversos en la salud de las personas bajo la concentración del amoniaco*

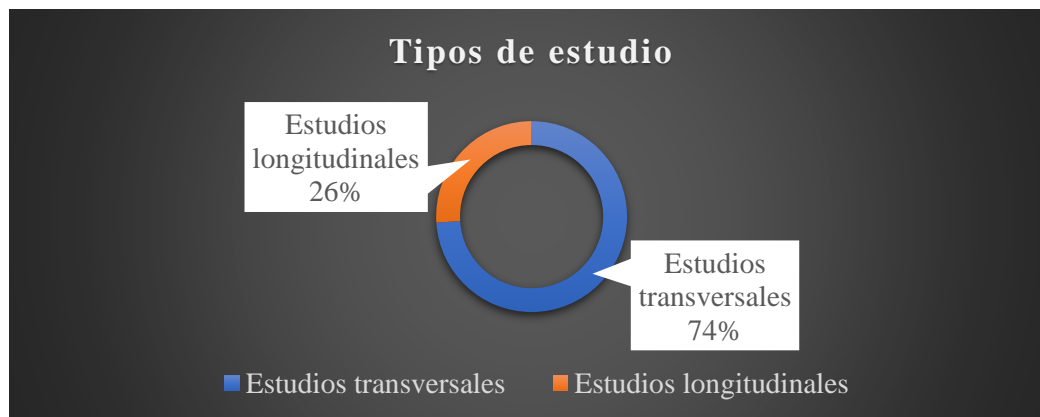
Autores	Concentración de amoniaco	Síntomas y enfermedades más representativos	Lugar de medición estimado
(Blanes-Vidal et al., 2014)	[0.14 - 11] μ g / m ³ > 3 mg/m ³	*Tos *Sibilancias *Irritación ocular	Casas adyacentes al almacenamiento de desechos biodegradables
(Younis et al.,2020)	[17.3 - 25-4] ppm	*Rinitis *Irritación ocular *Tos *Sibilancias *Dificultad para respirar *Asma *Bronquitis crónica	Dentro de la granja avícola

5.2.4 Metodologías

Se observa que hay dos metodologías en la toma de datos, una corresponde a los estudios que se realizan directamente en el campo, con las personas afectadas, el 44% de las investigaciones utilizan esta metodología (e.g. Pahwa et al. 2012; Yasmineen et al. 2020 y Younis et al. 2020), y complementan la toma de datos con la realización de encuestas, con el fin de conocer más a la población, extraer edad, altura, peso, si se encuentran en la población de fumadores / no fumadores, los años de experiencia de trabajo, la salud pulmonar de los trabajadores entre otros. Mientras que la otra a la que optan el 50% de las investigaciones, es utilizar los registros electrónicos preexistentes que recopilan los centros de salud, aledaños a las zonas rurales y analizar los datos compilados (e.g. Borlée et al. 2015; Freidl et al. 2017; Van Dijk et al. 2016; Van Dijk et al. 2017), y el 6% restante de las investigaciones utilizan los dos métodos en la toma de datos (e.g Baliatsas et al. 2020; Freidl et al. 2017; Van Kersen et al. 2020), tanto los registros electrónicos como las pruebas realizadas directamente en las personas evaluadas.

Figura 18.*Fuentes de datos*

Por otra parte, analizando los métodos de investigación utilizados, se evidencia que el 74% de las investigaciones enfocadas en los efectos adversos en la salud de las personas, utilizan estudios transversales (e.g. Yasmeeen et al. 2020; Borlée et al. 2015; Blanes et al. 2014) mientras que el 26% (Baliatsas et al., 2020; Freidl et al., 2017; Pahwa et al., 2012 y Van Kersen et al., 2020) llevan a cabo estudios longitudinales.

Figura 19.*Tipos de estudios*

5.3 Medidas de control establecidas para la exposición al amoniaco y alternativas de solución propuestas

En la tabla 10 se recopilan las medidas de control identificadas dentro de la literatura analizada con el fin de mitigar el riesgo al cual se encuentran expuestas las personas trabajadoras en el área avícola y adicionalmente se clasifican por tipo de control.

Tabla 10.*Alternativas de solución como medidas de control ante la exposición a granjas avícolas*

Posibles alternativas de solución	Medidas de control	Tipo de control	Autores	Observaciones
Tratamiento con ozono en los galpones	Medio	Reducción del peligro	Zaninelli et al. (2017, p 22)	"Mejorar la calidad del aire, limitar los olores, reducir los niveles de amoniaco atmosférico y la carga bacteriana" (Zaninelli et al., 2017, p. 22).
Pulverización de aceite de colza sobre la cama del pollo de engorde	Fuente	Reducción del peligro	Winkel et al. (2016)	Las concentraciones de PM* y las tasas de emisión en los aviarios pueden reducirse eficazmente mediante la pulverización de 15 a 30 ml / m ² . por día con efectos secundarios menores dentro de un período de aplicación de 25 días (Winkel et al., 2016, p 2836).
Secado del estiércol	Fuente	Reducción del peligro	Ghaly et al. (2013), Ni et al. (2017)	Ayuda a reducir la presencia y olores ofensivos en un 65,3 y 69,3%, respectivamente Asimismo se reflejan reducciones significativas en bacterias (65,6-99,8%), levadura y moho (74,1-99,6%) y E. coli (99,97%), Además el estiércol queda funcional como: fuente de fertilizante para las plantas debido a su alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio que son esenciales para el crecimiento de las plantas. (Ghaly et al., 2013, p. 88).
Control estable sobre el flujo del aire	Medio	Control de ingeniería	Bródka et al. (2012), Ghaly et al. (2013), Ni et al. (2017)	Alto flujo de aire disminuye la humedad, disminuye el amoniaco en el ambiente.
Protección personal sobre el tracto respiratorio	Persona	EPP	Bródka et al. (2012, p 281)	"Deben usar medidas de protección personal para proteger su tracto respiratorio, especialmente cuando las puertas de los gallineros están cerradas". (Bródka et al., 2012, p. 281)

Posibles alternativas de solución	Medidas de control	Tipo de control	Autores	Observaciones
Control de las variables ambientales	Medio	Control de ingeniería	Sassi et al. (2016, p 3)	Integración de avances e innovaciones tecnológicas: 1. Sensores para monitoreo ambiental 2. Sensores de movimiento o parámetros fisiológicos de la granja 3. Tecnologías de imágenes como el flujo óptico para detectar problemas de marcha y picoteo de plumas 4. Tecnologías infrarrojas para evaluar las características termorreguladoras de las aves y los cambios en el metabolismo, que pueden ser indicativos de problemas de bienestar, salud y manejo.
PoultryBot: Plataforma robótica móvil autónoma para gallineros	Medio	Control de ingeniería	Vroeginde-weij et al. (2018)	Se sustituye a los trabajadores en ciertas actividades monótonas por máquinas. Sustitución de la recogida manual de huevos a forma autónoma de recolección de huevos.
Exámenes médicos preventivos	Persona	Control administrativo	Buhl et al. (2017)	“Se deben realizar exámenes médicos preventivos regulares sobre todo cuando las medidas de higiene laboral son inadecuadas”. (Buhl et al., 2017, p.894).

Nota: *PM: Material Particulado

Como se observa en la tabla 10, el tratamiento con ozono (Zaninelli et al. 2017), se enfoca en mejorar la calidad del aire, reduciendo los niveles de amoniaco atmosférico y la carga bacteriana en el ambiente.

Otra alternativa, es el secado del estiércol (Ghaly et al., 2013), el cual disminuye su PH, y a su vez reduce la presencia del mal olor y carga bacteriana, permitiendo que este sea funcional como fertilizante para plantas, debido a su alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, que son esenciales para el crecimiento de las plantas (Ghaly et al., 2013, p 88).

El control sobre el sistema de ventilación dentro del galpón (Ni et al., 2017), otra alternativa de solución ante el riesgo, dado que permite estabilizar la variable del flujo de aire, teniendo en cuenta que un alto flujo disminuye la humedad y de esta forma disminuye el amoníaco en el ambiente (Bródka et al., 2012; Ghaly et al., 2013 y Ni et al., 2017).

Por otro lado, el sistema de cama utilizado para las aves (Winkel et al., 2016) influye en el almacenamiento y emisión del amoníaco y otros agentes de riesgo, por tanto, utilizar la pulverización de aceite de colza sobre la cama del pollo de engorde entre 15 a 30 ml / m² por día en un período de aplicación de 25 días, las concentraciones de material particulado y las tasas de emisión en los aviarios pueden reducirse eficazmente (Winkel et al., 2016, p 2836).

El control integrado de las variables ambientales (Sassi et al., 2016) utiliza avances e innovaciones tecnológicas, que buscan tener ambientes controlados en la producción de pollo, automatizando ciertas actividades que son realizadas por los avicultores, utilizando sensores para monitoreo ambiental, sensores de movimiento, tecnologías de imágenes como el flujo óptico para detectar problemas de marcha y picoteo de plumas, tecnologías infrarrojas para evaluar las características termorreguladoras de las aves, los cambios en el metabolismo entre otras (Sassi et al. 2016, p 3). En consecuencia, se reduce la entrada obligatoria de los trabajadores a los galpones, lo que contribuye a minimizar el riesgo de exposición al amoníaco y otros agentes de riesgo, dado que estas inspecciones se podrán realizar a través de tableros que proyectan las variables recogidas para el control de estas.

Asimismo, la plataforma robótica móvil autónoma para gallineros PoultryBot, que sustituye a los trabajadores por máquinas, en ciertas actividades monótonas, como ejemplo, la recogida manual de huevos que pasa a una forma automática de recolección de estos (Vroegindeweij et al. 2018).

Otra forma de mitigar el riesgo es el uso de protección personal, el cual se enfoca en el cuidado del tracto respiratorio como protección directa en el trabajador, es mencionada como fundamental para las personas que se mueven en este sector (Bródka et al., 2012).

Por otra parte, Buhl et al. (2017) indican que ante la existencia de factores desencadenantes del asma ocupacional y de existir un mayor riesgo de enfermedad (alergias respiratorias preexistentes, hiperreactividad bronquial inespecífica), se deben realizar exámenes médicos preventivos regulares sobre todo cuando las medidas de higiene laboral son inadecuadas (p.894) y por último mencionan que:

La única medida terapéutica prometedora (intervencionista) es una licencia parental estricta en relación con el agente causal (es decir, un cambio de trabajo o incluso una nueva formación) cuando el caso de enfermar de asma se relacione directamente con el trabajo. (p.895).

6 Conclusiones

Sobre el análisis bibliométrico

A partir del análisis bibliométrico se puede concluir que el tema de estudio ha tomado fuerza, ya que se evidencia un aumento en la cantidad de publicaciones en el último año. Adicionalmente, los países más atraídos en analizar el tema son Estados Unidos, China y Países Bajos, se identificó que hay una fuerte relación entre los países líderes en la industria avícola y el interés en la investigación. Para el caso de Latinoamérica, Brasil y Colombia fueron los más sobresalientes de la región, sin embargo, son limitadas sus publicaciones. Con respecto a los autores, la investigadora Borlée Floor es representativa para este estudio, considerando que aporta significativamente en los

efectos adversos recopilados, adicional uno de sus artículos se encuentra entre los más citados y es referente para investigaciones en el campo por su trayectoria.

Efectos adversos en la salud de las personas

Se evidencia que tanto la salud de los trabajadores avícolas como la salud de las personas que viven y colindan las granjas, es afectada, ante la exposición de diferentes agentes de riesgo que permanecen en el medio ambiente, generando variedad de reacciones, síntomas y enfermedades en el cuerpo humano.

A partir de la clasificación de los efectos adversos identificados en los documentos, se dividió en tres grupos que recopilaban los sistemas del cuerpo humano afectados y de estos se concluye que el sistema respiratorio, es el más representativo en mostrar alteraciones ante la exposición de las granjas, de igual forma el sistema ocular y el sistema tegumentario mostraron afectación, pero con menor cantidad de registros.

Por otro lado, se determinan las enfermedades más representativas de los estudios, las cuales son: el asma, la neumonía y la bronquitis crónica, siendo estas las enfermedades más reiterativas entre estudios. También se alude a la posibilidad de contraer alguna enfermedad respiratoria, sin hacer énfasis en una específica, partiendo en la identificación de síntomas que probablemente representen más adelante, afectaciones mayores en la salud de las personas.

De igual forma, se identificaron reacciones y síntomas, reiterativos entre estudios, de los cuales la tos, las sibilancias y la disminución en la función pulmonar, se encontraron dentro de los más significativos en las investigaciones. Cabe recalcar que existen más reacciones y síntomas dentro de los hallazgos, como la irritación ocular, la irritación nasal, síntomas respiratorios agudos, problemas de flema, infección del tracto respiratorio inferior, dificultad para respirar entre otros.

Por otra parte, se reconocen poblaciones susceptibles en presentan mayor riesgo de adquirir una enfermedad, como lo son las personas que padecen enfermedades preexistentes, ancianos (Baliatsas et al., 2020) y niños (Loftus et al. 2020 y Buhl et al. 2017).

Agentes de riesgo

En cuanto a los agentes de riesgo, aún no se logra dar por cerrado cual agente es el causante de las reacciones, síntomas y enfermedades identificadas a lo largo del análisis. Sin embargo, se asocian de manera conjunta posibles fuentes principales, de las cuales destacan el amoniaco (Blanes-Vidal et al. 2014 y Younis et al. 2020), los bioaerosoles (Younis et al., 2020), las emisiones AFO (Loftus et al., 2020), el ambiente de las granjas avícolas de manera general, el polvo fino y las endotoxinas.

De la misma manera, se concluye que hay diferentes parámetros en el ambiente, que se deben tener en cuenta, ya que pueden aumentar o disminuir el riesgo al cual se enfrentan las personas, como lo son: la cantidad de aves por metro cuadrado, el tipo de galpón y la distancia al mismo (Borlée et al., 2015), el tiempo de exposición, la tasa de rotación de los trabajadores, el tiempo laborado sobre la actividad (Yasmeen et al., 2020), la actividad como tal desempeñada, el sistema de ventilación, el tipo de almacenamiento del estiércol y el tipo de sistema productivo (Bródka et al., 2012) entre otros.

Sobre los artículos enfocados en la salud de las personas

Se interpreta que, se requiere un periodo amplio en las investigaciones que identifican reacciones, síntomas y enfermedades, debido a la realización de estudios clínicos, cuestionarios y diferentes pruebas de salud como lo son las espirometrías, en la población evaluada y/o la traza sobre los registros de salud con variables específicas determinadas en cada investigación, como ejemplo, el reflejo reiterativo, el registro de síntomas y/o enfermedades en soportes médicos y el acceso a los mismos, bajo el sistema de salud que posean las personas evaluadas.

Adicionalmente, se observa que hay mayor interés por los investigadores en el uso y análisis de registros electrónicos preexistentes como fuentes de información, sin embargo, tomar los datos en el campo sigue siendo relevante en su implementación.

Por otra lado, se concluye que hay predominio en emplear estudios transversales, por su facilidad de acceso en la aplicación y posiblemente la realización de estudios longitudinales presenta limitantes como: la no existencia de estudios anteriores, sobre la población evaluada o con enfoque de investigación diferente al que se busca, las circunstancias de dependencia sobre los datos, por ejemplo la población de estudio, los registros médicos que son construidos a través de las citas y visitas realizadas al médico por parte de las personas valoradas, entre otras.

Medidas de control

Con respecto a las medidas de control, se concluye que existe variedad de alternativas de solución, para mitigar el riesgo ante los efectos adversos que se pueden producir en la salud de las personas, sin embargo, es importante mencionar que no necesariamente todas las medidas van enfocadas en reducir o mitigar el amoniaco, pueden estar asociadas a otros agentes de riesgo, que se encuentren en las granjas avícolas como por ejemplo el material particulado, bacterias entre otros. No obstante, algunas medidas de control implícitamente reducen la concentración del amoniaco, disminuyendo los olores ofensivos que se encuentran en el medio ambiente, aportando de esta forma en mejorar la calidad del aire en el ambiente de trabajo y asimismo contribuyendo en reducir la contaminación odorífica del sector.

Por otro lado, las medidas de control en las investigaciones no están ligadas directamente con los efectos adversos identificados anteriormente, solo el artículo de Buhl et al., (2017), relaciona fuente, efecto y medida de control, ya que identifica fuentes principales donde se frecuenta el asma ocupacional, relaciona las granjas entre ellas y menciona medidas a tomar, como los exámenes

médicos preventivos y un cambio de trabajo o incluso una nueva formación cuando se determine que el asma es causada por la labor realizada.

Por otra parte, se interpreta que ciertas alternativas de solución analizadas se encuentran enfocadas en mejorar el control del ambiente y ciertas actividades realizadas por el hombre con posibles fines productivos y de forma indirecta son útiles para para mitigar determinados riesgos de exposición en las granjas avícolas. Sin embargo, es importante concluir que estas alternativas realmente no están pensadas explícitamente en la salud del trabajador.

Adicionalmente, se observa que hay varias medidas de control que se complementan y podrían ser aplicadas en diferentes momentos del proceso productivo, para dar un ejemplo, los exámenes médicos preventivos, por un lado, son útiles para obtener una detección temprana del estado de salud de los trabajadores y tomar acciones con agilidad, adicionalmente estos exámenes servirían como posibles fuentes para futuras investigaciones, por otro lado, el uso de elementos de protección personas enfocados en el tracto respiratorio al requerir la entrada a los galpones por parte del trabajador, el control de variables, disminuiría la entrada y salida de las personas en los galpones utilizando las nuevas tecnologías y por último realizar periódicamente una limpieza empleando el tratamiento con ozono en el momento que se despejen los galpones seguramente mejoraría la calidad del aire. Sin embargo, es importante entrar a evaluar de manera particular que medidas son representativas y acordes a las necesidades de las granjas avícolas y los diferentes parámetros que las caractericen.

Contribución teórica

Este trabajo contribuye en la recopilación y análisis de investigaciones, que evalúan los efectos adversos en la salud de las personas expuestas en granjas, lo cual es significativo, dado que hasta el momento no hay un trabajo que realice una compilación con el detalle de segmentación sobre granjas avícolas y que tenga en cuenta el amoniaco como agente de riesgo. Esto permite en el

campo investigativo, tener como fuente el análisis realizado y seguir incorporando nuevos estudios que amplíen esta exploración sobre el tema.

Contribución práctica

En resumen, para el tema práctico se evidencia la existencia de una problemática para uno de los sectores más importantes en la producción cárnica, como lo es el sector avícola, uno de los más influyentes en la región santandereana, ya que detrás de todo el proceso de producción, se requiere atención en temas de seguridad y salud en el trabajo, dado que se evidencian afectaciones en la salud no solo de los trabajadores de las granjas, también de las familias de estas personas y vecinos de las áreas.

Para los profesionales de seguridad y salud en el trabajo esta investigación, contribuye a tener una visión más amplia en el campo avícola sobre los posibles efectos adversos que pueden perjudicar la salud de las personas y de esta forma poder tomar mejores decisiones, buscando generar alternativas de solución que prioricen condiciones adecuadas de trabajo, acciones de prevención y promoción de buenas prácticas con los colaboradores del sector.

Limitaciones

Es importante mencionar las limitaciones presentadas en la revisión de la literatura, con el fin de tenerlas en cuenta para futuras investigaciones.

En una fase inicial, se realizó un abordaje y una compilación de artículos enfocados, en determinar los efectos adversos producidos en las personas, que han sido expuestas a diferentes cantidades de concentración de amoniaco, en distintos escenarios, como industrias de bebidas, en la realización de actividades de limpieza, en la industria agrícola de manera general, entre otros, adicionalmente, estudios que evaluaban la exposición de animales al agente químico, los cuales buscaban extrapolar las reacciones observadas en las personas, sin embargo, como la revisión de literatura estaba enfocada en granjas, esto acotó sustancialmente la cantidad de artículos, por otro

lado, por concernir en la rama médica, se encontraron obstáculos para ahondar y entender ciertos términos, inclusive poder profundizar sobre las metodologías utilizadas e identificar que textos podrían ser seleccionados cumpliendo criterios médicos adicionales.

Por otro lado, a partir de la revisión de la literatura, se deduce que las investigaciones en esta rama de estudio, requieren un periodo de tiempo más amplio para su publicación, por la ejecución y análisis de estudios clínicos, las fuentes de datos utilizadas y demás variables requeridas, de tal forma la definición de la ventana de tiempo del 2012 al 2020 se puede inferir que pudo ser más amplia con el fin de tener en cuenta estudios que probablemente aportaban en la investigación de manera significativa y de esta forma aumentar la cantidad de artículos a analizar.

Es fundamental mencionar que a partir de la revisión de la literatura, se pudo identificar que las investigaciones que están enfocadas en evaluar la salud de las personas, no necesariamente generan alternativas de solución para mitigar los efectos adversos que se producen en la población, de igual forma sucede con las investigaciones que miden las concentraciones de amoniaco y otros compuestos en las granjas avícolas, no generan necesariamente medidas que mitiguen el riesgo.

Recomendaciones

A la luz de esta investigación, se recomienda para futuras revisiones de literatura, trabajar por separado los temas, centrarse en las alternativas de solución como medidas de control del riesgo o enfocarse en los efectos adversos que se pueden generar en las personas expuestas a granjas avícolas, adicionalmente, si se requiere evaluar de un estudio detallado sobre algún compuesto en específico como el amoniaco, o si se engloban los agentes de riesgo en conjunto y se analizan los efectos adversos que se pueden generar, en la salud de las personas expuestas a granjas avícolas. Adicionalmente, se recomienda mayor flexibilidad al definir la ventana de tiempo, con el fin de aumentar la cantidad de artículos a analizar, dado que a partir del análisis realizado se infiere que

las investigaciones en esta rama de estudio, precisan de un periodo de tiempo más amplio para su ejecución y publicación.

Por otro lado, se recomienda profundizar y realizar investigaciones que vinculen la medición de la concentración del amoniaco en las granjas avícolas y los efectos adversos en la salud de las personas. Asimismo, la oportunidad de realizar estudios en Santander Colombia, siendo un fuerte en el sector avícola a nivel nacional.

Se evidencia la posibilidad de enriquecer las investigaciones con estudios longitudinales, sin embargo, se recomienda iniciar con análisis exploratorios como primera fase, analizar los estudios realizados anteriormente en la población foco, evaluar las limitantes para cada región y los datos o variables a utilizar por ejemplo, la rotación del personal, la disponibilidad de las personas, los convenios requeridos con la industria avícola y el sector salud, la existencia de las fuentes de información para la toma de datos, la protección y calidad de los mismos, entre otras, para determinar qué tipo de estudio se ajusta a las necesidades y condiciones preexistentes.

De esta forma, se sugiere una exploración con estudios transversales, en una población específica e ir afinando el conocimiento posteriormente con estudios longitudinales, como lo realizó la autora Borlée, Floor del Instituto de Ciencias de la Evaluación de Riesgos, de la Universidad de Utrecht en Países Bajos, quien implementó las dos metodologías, participando en la construcción de 5 artículos, 3 de ellos fueron estudios transversales e inició en el 2015 con un estudio transversal, enfocado en evaluar el aumento de los síntomas respiratorios en pacientes con EPOC, que vivían cerca de las granjas avícolas, posteriormente, llevó a cabo estudios paralelos en el 2017 con las 2 metodologías, y ha hecho parte de estudios hasta el año actual, lo cual la hace referente en la implementación de las metodologías para futuras investigaciones por su trayectoria en el tema de estudio.

Por otro lado, se recomienda evaluar la posibilidad de realizar un cruce de información entre los efectos adversos hallados a diferentes concentraciones de amoniaco, con investigaciones prácticas que evalúen los niveles de este en las granjas avícolas a determinadas condiciones. Dado que se observa una oportunidad por la cantidad de textos encontrados de manera segmentada y de esta forma enriquecer el foco de estudio, con posibles efectos adversos que se pueden generar en la salud de los trabajadores de granjas avícolas, bajo exposición al amoniaco.

Por otro parte, se sugiere realizar un estudio de manera particular sobre las medidas de control, ya que, a través del análisis, se identificaron diferentes parámetros y fuentes de riesgo que existen en el ambiente avícola, que son importantes para sugerir medidas de control viables. Adicionalmente cabe mencionar que los parámetros pueden variar dependiendo de la zona geográfica, el mantenimiento de las instalaciones y controles administrativos ya existentes, la capacidad de las granjas avícolas y el tiempo de cría o duración del ave en el galpón entre otros.

Por último, se observa un potencial de estudio para realizar una revisión que busque desarrollar una recopilación, clasificación y análisis de buenas prácticas desarrolladas en las granjas avícolas, que inhiban y/o disminuyan los factores de riesgo a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores avícolas y personas aledañas al área, aportando de manera significativa en temas de seguridad y salud.

Referencias bibliográficas

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], (2004). *Resúmenes de Salud Pública - Amoníaco (Ammonia)*. Adaptado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs126.html
- Baliatsas, C., Dückers, M., Smit, L., Heederik, D., & Yzermans, J. (2020). Morbidity rates in an area with high livestock density: A registry-based study including different groups of patients with respiratory health problems. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5) doi:10.3390/ijerph17051591
- Baliatsas, C., Smit, L. A. M., Dückers, M. L. A., Van Dijk, C. E., Heederik, D., & Yzermans, C. J. (2019). Patients with overlapping diagnoses of asthma and COPD: Is livestock exposure a risk factor for comorbidity and coexisting symptoms and infections? *BMC Pulmonary Medicine*, 19(1) doi:10.1186/s12890-019-0865-z
- Biology Dictionary. (2019). Integumentary System. Adaptado de: <https://biologydictionary.net/integumentary-system/>
- Blanes-Vidal, V., Bælum, J., Schwartz, J., Løfstrøm, P., & Christensen, L. P. (2014). Respiratory and sensory irritation symptoms among residents exposed to low-to-moderate air pollution from biodegradable wastes. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 24(4), 388-397. doi:10.1038/jes.2014.20
- Borlée, F., Yzermans, C. J., Van Dijk, C. E., Heederik, D., & Smit, L. A. M. (2015). Increased respiratory symptoms in COPD patients living in the vicinity of livestock farms. *European Respiratory Journal*, 46(6), 1605-1614. doi:10.1183/13993003.00265-2015
- Bradford, S.C. (1934). "Sources of Information on Specific Subjects". *Engineering: An Illustrated Weekly Journal* (London), 137, 1934 (26 January), pages 85-86.

- Brancher, M., Knauder, W., Piringer, M., & Schaubberger, G. (2020). Temporal variability in odour emissions: To what extent this matters for the assessment of annoyance using dispersion modelling. *Atmospheric Environment: X*, 5 doi: 10.1016/j.aeaoa.2019.100054
- Bródka, K., Kozajda, A., Buczyńska, A., & Szadkowska-Stańczyk, I. (2012). The variability of bacterial aerosol in poultry houses depending on selected factors. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 25(3), 281-293. doi:10.2478/S13382-012-0032-8
- Buhl, R., Bals, R., Baur, X., Berdel, D., Criée, C. -, Gappa, M., . . . Zacharasiewicz, A. (2017). Guideline for the diagnosis and treatment of asthma: Guideline of the german respiratory society and the german atemwegsliga in cooperation with the paediatric respiratory society and the austrian society of pneumology. [S2k-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie von Patienten mit Asthma: herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V. und der Deutschen Atemwegsliga e.V., unter Beteiligung der Gesellschaft für Pädiatrische Pneumologie e.V. und der Österreichischen Gesellschaft für Pneumologie] *Pneumologie*, 71(12), 849-919. doi:10.1055/s-0043-119504
- Código Sustantivo del trabajo. (1990). Ley 50 de 1990. Adaptado de http://www.secretaria-senado.gov.co/senado/basedoc/codigo_sustantivo_trabajo.html
- COMPITE 360. (2019). Reporte Empresarial. ADN métrico. ciuu 0145.
- Crossan, M. M., & Apaydin, M. (2010). A multi-dimensional framework of organizational innovation: A systematic review of the literature. *Journal of Management Studies*, 47(6), 1154–1191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2009.00880.x>
- Decreto 1443 de (2014)[Ministerio del trabajo] Por el cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). 31 de Julio del 2014.
- Elango, N., Kasi, V., Vembhu, B., & Poornima, J. G. (2013). Chronic exposure to emissions from photocopiers in copy shops causes oxidative stress and systematic inflammation among

- photocopier operators in India. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 12(1) doi:10.1186/1476-069X-12-78
- Environmental Protection Agency [EPA], (2009). *National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES). Animal Feeding Operations (AFOs)*. Adaptado de <https://www.epa.gov/npdes/animal-feeding-operations-afos>
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia [FENAVI], (2018). Boletín FENAVIQUIN, Indicadores 2018 – 2019 Adaptado de https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/12/Fenaviquin_ed2772018-2.pdf
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia [FENAVI], (2019). Brief programa pollo para seleccionar: agencia creativa 2020 agencia digital 2020 central de medios 2020. Adaptado de <https://fenavi.org/wp-content/uploads/2019/11/TR-Campania-2020-Prog-Pollo-Creatividad-Digital-y-medios.pdf>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2013). Revisión del desarrollo avícola. Adaptado de <http://www.fao.org/3/a-i3531s.pdf>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2020). Producción y productos avícolas. Adaptado de <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>
- Freidl, G. S., Spruijt, I. T., Borlée, F., Smit, L. A. M., Van Gageldonk-Lafeber, A. B., Heederik, D. J. J., . . . Van Der Hoek, W. (2017). Livestock-associated risk factors for pneumonia in an area of intensive animal farming in the Netherlands. *PLoS ONE*, 12(3) doi: 10.1371/journal.pone.0174796
- Fry, J. P., Laestadius, L. I., Grechis, C., Nachman, K. E., & Neff, R. A. (2013). Investigating the role of state and local health departments in addressing public health concerns related to industrial food animal production sites. *PLoS ONE*, 8(1) doi: 10.1371/journal.pone.0054720
- Geoportal DANE - Directorio estadístico de empresas. (n.d.). Retrieved July 19, 2019. Adaptado de <https://geoportal.dane.gov.co/directorioempresas.html>

- Ghaly, A. E., & Alhattab, M. (2013). Drying poultry manure for pollution potential reduction and production of organic fertilizer. *American Journal of Environmental Sciences*, 9(2), 88-102. doi:10.3844/ajessp.2013.88.102
- Gil E., (2017), Una herramienta en el tratamiento de camas avícolas, Adaptado de <https://bit.ly/31cj30o>.
- Henaó F.(2015). Riesgos Químicos. Adaptado de <https://bit.ly/31bsXiN>
- Hernández S. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.) Mc Graw Hill Education. Adaptado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Huang, C., Shan, W., & Xiao, H. (2018). Recent advances in passive air sampling of volatile organic compounds. *Aerosol and Air Quality Research*, 18(3), 602-622. doi:10.4209/aaqr.2017.12.0556
- Huang, D., & Guo, H. (2020). Toxic gas and respirable dust concentrations and emissions from broiler and cage-layer barns in the canadian prairies. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(17), 21680-21691. doi:10.1007/s11356-020-08635-1
- Jones, D. R., Guard, J., Gast, R. K., Buhr, R. J., Fedorka-Cray, P. J., Abdo, Z., . . . Karcher, D. M. (2016). Influence of commercial laying hen housing systems on the incidence and identification of salmonella and campylobacter. *Poultry Science*, 95(5), 1116-1124. doi:10.3382/ps/pew036
- Kearney, G. D., Shaw, R., Prentice, M., & Tutor-Marcom, R. (2014). Evaluation of respiratory symptoms and respiratory protection behavior among poultry workers in small farming operations. *Journal of Agromedicine*, 19(2), 162-170. doi:10.1080/1059924X.2014.886536
- Kilic, I., & Yaslioglu, E. (2014). Ammonia and carbon dioxide concentrations in a layer house. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(8), 1211-1218. doi:10.5713/ajas.2014.14099

- Klous, G., Smit, L. A. M., Freidl, G. S., Borlée, F., Van der Hoek, W., IJzermans, C. J., . . . Huss, A. (2018). Pneumonia risk of people living close to goat and poultry farms – taking GPS derived mobility patterns into account. *Environment International*, *115*, 150-160. doi: 10.1016/j.envint.2018.03.020
- Liang, R., Xiao, P., She, R., Han, S., Chang, L., & Zheng, L. (2013). Culturable airborne bacteria in outdoor poultry-slaughtering facility. *Microbes and Environments*, *28*(2), 251-256. doi:10.1264/jsme2.ME12178
- Lin, X. J., Cortus, E. L., Zhang, R., Jiang, S., & Heber, A. J. (2012). Air emissions from broiler houses in california. *Transactions of the ASABE*, *55*(5), 1895-1908. Retrieved from www.scopus.com
- Lin, X. -, Cortus, E. L., Zhang, R., Jiang, S., & Heber, A. J. (2012). Ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide and particulate matter emissions from California high-rise layer houses. *Atmospheric Environment*, *46*, 81-91. doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.10.021
- Li, Z., Li, B., Zheng, W.(2017). *Characters of airborne contaminants emission from half stair-step cage breeding hen house during winter daytime*. China Agricultural University, Key Laboratory of Agricultural Engineering in Structure and Environment, Beijing Engineering Research Center for Animal Health Environment, Beijing, 100083, China
- Loftus, C., Afsharinejad, Z., Sampson, P., Vedal, S., Torres, E., Arias, G., . . . Karr, C. (2020). Estimated time-varying exposures to air emissions from animal feeding operations and childhood asthma. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *223*(1), 187-198. doi: 10.1016/j.ijheh.2019.09.003
- Mangosio, Jorge Enrique, “Higiene y seguridad en el trabajo. Volumen 1,” Repositorio Institucional Elisa Bachofen, consulta 15 de octubre de 2020, <http://bibliotecadigital.fi.uba.ar/items/show/2753>.
- Menegali, I., Tinôco, I. F. F., Zolnier, S., Carvalho, C. C. S., & Guimarães, M. C. C. (2012). Influence of different systems of minimum ventilation on air quality in broiler houses. *Engenharia Agrícola*, *32*(6), 1024-1033. doi:10.1590/S0100-69162012000600003

- Miles Weinbergera & Mutasim Abu-Hasana, (2007). Pseudoasma: cuando la tos, las sibilancias y la disnea no significan asma. Adaptado de: <https://www.elsevier.es/es-revista-pediatrics-10-articulo-pseudoasma-cuando-tos-sibilancias-disnea-13112840>
- Morgan, R. J., Wood, D. J., & Van Heyst, B. J. (2014). The development of seasonal emission factors from a canadian commercial laying hen facility. *Atmospheric Environment*, 86, 1-8. doi: 10.1016/j.atmosenv.2013.12.033
- Naseem, S., & King, A. J. (2018). Ammonia production in poultry houses can affect health of humans, birds, and the environment—techniques for its reduction during poultry production. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(16), 15269-15293. doi:10.1007/s11356-018-2018-y
- Neffa J., (2015). Introducción al concepto de condiciones y medio ambiente de trabajo (CyMAT). Voces del Fénix. Adaptado de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/13769>
- New York Department of health. (2004). *The Facts About Ammonia Ginebra*. Adaptado de https://www.health.ny.gov/environmental/emergency/chemical_terrorism/ammonia_general.htm
- Ni, J. -, Chai, L., Chen, L., Bogan, B. W., Wang, K., Cortus, E. L., . . . Diehl, C. A. (2012). Characteristics of ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, and particulate matter concentrations in high-rise and manure-belt layer hen houses. *Atmospheric Environment*, 57, 165-174. doi: 10.1016/j.atmosenv.2012.04.023
- Ni, J. -, Diehl, C. A., Chai, L., Chen, Y., Heber, A. J., Lim, T. -, & Bogan, B. W. (2017). Factors and characteristics of ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, and particulate matter emissions from two manure-belt layer hen houses. *Atmospheric Environment*, 156, 113-124. doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.02.033
- Ni, J.-Q., Liu, S., Diehl, C. A., Lim, T.-T., Bogan, B. W., Chen, L., ... Heber, A. J. (2017). Emission factors and characteristics of ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, and particulate matter at two high-rise layer hen houses. *Atmospheric Environment*, 154, 260–273. Adaptado de <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.01.050>

- Nowak, A., Matusiak, K., Borowski, S., Bakula, T., Opaliński, S., Kołacz, R., & Gutarowska, B. (2016). Cytotoxicity of odorous compounds from poultry manure. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(11) doi:10.3390/ijerph13111046
- Organización Mundial del Trabajo [OIT], (2013), Ammonia (anhydrous). Adaptado de http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=0414
- Osorio Saraz, J. A., Ferreira Tinôco, I. F., Olivera Rocha, K. S., Barreto Mendes, L., & Norton, T. (2016). A CFD based approach for determination of ammonia concentration profile and flux from poultry houses with natural ventilation *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 69(1), 7825-7834. doi:10.15446/rfna.v69n1.54750
- Pahwa, P., Karunanayake, C. P., Hagel, L., Janzen, B., Pickett, W., Rennie, D., . . . Dosman, J. (2012). The saskatchewan rural health study: An application of a population health framework to understand respiratory health outcomes. *BMC Research Notes*, 5 doi:10.1186/1756-0500-5-400
- Park, J., Kang, T., Heo, Y., Lee, K., Kim, K., Lee, K., & Yoon, C. (2020). Evaluation of short-term exposure levels on ammonia and hydrogen sulfide during manure-handling processes at livestock farms. *Safety and Health at Work*, 11(1), 109-117. doi: 10.1016/j.shaw.2019.12.007
- Pezzuolo, Andrea & Sartori, Cristina & Vigato, Evelin & Guercini, Stefano. (2019). Effect of litter treatment with probiotic bacteria on ammonia reduction in commercial broiler farm. 10.22616/ERDev2019.18.N390.
- Pirjavec A. Kovic I., Lulic I., Zupanet Z. (2009). Massive Anhydrous Ammonia Injury Leading to Lung Transplantation. *The journal of Trauma*, 67: E93 doi: 10.1097/TA.0b013e31817fd93f
- Rodriguez H. & Arenas P. (2017) Estado del arte sobre estrategias de comercialización de tecnología (Tesis) Universidad Industrial de Santander. Escuela de estudios industrial y empresarial. Santander, Colombia. Adaptado de http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/pags/cat/po-pup/pa_detalle_matbib.jsp?parametros=180460%20|21|115

- Rodriguez, M. R., Losada, E., Besteiro, R., Arango, T., Velo, R., Ortega, J. A., & Fernandez, M. D. (2020). Evolution of NH₃ concentrations in weaner pig buildings based on setpoint temperature. *Agronomy*, *10*(1) doi:10.3390/agronomy10010107
- Roheela Yasmeeen, Zulfiqar Ali, Sean Tyrrel, Z. A. N. (2020). *Assessment of Respiratory Problems in Workers Associated with Intensive Poultry Facilities in Pakistan*. Shaw. Adaptado de <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2019.12.011>
- Sassi, N. B., Averós, X., & Estevez, I. (2016). Technology and poultry welfare. *Animals*, *6*(10) doi:10.3390/ani6100062 Bibliometría. (2019, junio 27). EcuRed. Consultado el 16:18, junio 21, 2020 en <https://www.ecured.cu/index.php?title=Bibliometr%C3%ADa&olidid=3434170>.
- Shen, D., Wu, S., Dai, P. Y., Li, Y. S., & Li, C. M. (2018). Distribution of particulate matter and ammonia and physicochemical properties of fine particulate matter in a layer house. *Poultry Science*, *97*(12), 4137-4159. doi:10.3382/ps/pey285
- Skóra, J., Matusiak, K., Wojewódzki, P., Nowak, A., Sulyok, M., Ligocka, A., . . . Gutarowska, B. (2016). Evaluation of microbiological and chemical contaminants in poultry farms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *13*(2) doi:10.3390/ijerph13020192
- Suarez & Weng. (2011, Septiembre/Diciembre) *Definitions on the risk and its implications*. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Vol.49 N.3 Adaptado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032011000300014
- Tarlo, S. M., Altman, K. W., Oppenheimer, J., Lim, K., Vertigan, A., Prezant, D., . . . Weir, K. (2016). Occupational and environmental contributions to chronic cough in adults: Chest expert panel report. *Chest*, *150*(4), 894-907. doi: 10.1016/j.chest.2016.07.029
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review *. *British Journal of Management*, *14*, 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>

- Van Der Haar, Rudolf y Goelzer, B. (2001). La higiene ocupacional en América latina: una guía para su desarrollo. Washington: Organización Panamericana de la Salud
- Van Dijk, C. E., Smit, L. A. M., Hooiveld, M., Zock, J. -, Wouters, I. M., Heederik, D. J. J., & Yzermans, C. J. (2016). Associations between proximity to livestock farms, primary health care visits and self-reported symptoms. *BMC Family Practice*, *17*(1) doi:10.1186/s12875-016-0421-3
- Van Dijk, C. E., Zock, J. -, Baliatsas, C., Smit, L. A. M., Borlée, F., Spreeuwenberg, P., . . . Yzermans, C. J. (2017). Health conditions in rural areas with high livestock density: Analysis of seven consecutive years. *Environmental Pollution*, *222*, 374-382. doi: 10.1016/j.envpol.2016.12.023
- Van Kersen, W., Oldenwening, M., Aalders, B., Bloemsma, L. D., Borlée, F., Heederik, D., & Smit, L. A. M. (2020). Acute respiratory effects of livestock-related air pollution in a panel of COPD patients. *Environment International*, *136* doi: 10.1016/j.envint.2019.105426
- Velasco J., Alvarado H., Hernandez A., Gómez F., Narciso C., Misselbrook T. (2016). Buenas Prácticas De Manejo Y Emisiones De Amoniacó En Explotaciones Avícolas. Good Management Practices and Ammonia Emissions in Poultry Farms., *9*(8), 38–44. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=118231588&site=ehost-live>
- Vroegindewij, B. A., Blaauw, S. K., IJsselmuiden, J. M. M., & van Henten, E. J. (2018). Evaluation of the performance of PoultryBot, an autonomous mobile robotic platform for poultry houses. *Biosystems Engineering*, *174*, 295–315. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.07.015>
- Wang, C. -, Chen, B. T., Han, B. -, Liu, A. C. -, Hung, P. -, Chen, C. -, & Chao, H. J. (2015). Field evaluation of personal sampling methods for multiple bioaerosols. *PLoS ONE*, *10*(3) doi: 10.1371/journal.pone.0120308
- Winkel, A., Van Riel, J. W., Van Emous, R. A., Aarnink, A. J. A., Groot Koerkamp, P. W. G., & Ogink, N. W. M. (2016). Abatement of particulate matter emission from experimental

- aviary housings for laying hens by spraying rapeseed oil. *Poultry Science*, 95(12), 2836-2848. doi:10.3382/ps/pew261
- Yang, W., Guo, M., Liu, G., Yu, G., Wang, P., Wang, H., & Chai, T. (2018). Detection and analysis of fine particulate matter and microbial aerosol in chicken houses in shandong province, china. *Poultry Science*, 97(3), 995-1005. doi:10.3382/ps/pex388
- Yang, X., Wang, X., Zhang, Y., Lee, J., Su, J., & Gates, R. S. (2013). Monitoring total endotoxin and (1→3)- β -d-glucan at the air exhaust of concentrated animal feeding operations. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 63(10), 1190-1198. doi:10.1080/10962247.2013.810556
- Yasmeen, R., Ali, Z., Tyrrel, S., & Nasir, Z. A. (2020). Assessment of respiratory problems in workers associated with intensive poultry facilities in pakistan. *Safety and Health at Work*, 11(1), 118-124. doi: 10.1016/j.shaw.2019.12.011
- Younis, F., Salem, E., & Salem, E. (2020). Respiratory health disorders associated with occupational exposure to bioaerosols among workers in poultry breeding farms. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(16), 19869-19876. doi:10.1007/s11356-020-08485-x
- Zaninelli, M., Redaelli, V., Luzi, F., Bontempo, V., Dell'Orto, V., & Savoini, G. (2017). A monitoring system for laying hens that uses a detection sensor based on infrared technology and image pattern recognition. *Sensors (Switzerland)*, 17(6) doi:10.3390/s17061195
- Zhao, Y., Zhao, D., Ma, H., Liu, K., Atilgan, A., & Xin, H. (2016). Environmental assessment of three egg production systems - part III: Airborne bacteria concentrations and emissions. *Poultry Science*, 95(7), 1473-1481. doi:10.3382/ps/pew053