

MANEJO DE IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LAS GRANJAS DE
POLLO DE ENGORDE EN COLOMBIA

ANDRÉS DAVID RAMÍREZ LÓPEZ

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y CIVIL
INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C
2020

MANEJO DE IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LAS GRANJAS DE
POLLO DE ENGORDE EN COLOMBIA

ANDRÉS DAVID RAMÍREZ LÓPEZ

TRABAJO DE GRADO DE INGENIERIA AMBIENTAL

ASESOR
IVÁN ALEJANDRO AVILA LEÓN

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTA
BOGOTÁ D.C.

2020

Tabla de contenido

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	3
1. INTRODUCCIÓN	5
2. MARCO CONCEPTUAL	6
2.1. Mercado de aves nacional e internacional	6
2.2. Mecanismos de Evaluación de Impacto Ambiental.....	8
2.2.1. Análisis de Ciclo de Vida	8
2.2.2. Matriz de Leopold.....	11
2.3. Impactos ambientales de la industria avícola.....	16
2.4. Contaminación del suelo.....	18
2.5. Manejo ambiental de residuos	19
2.6. Contaminación hídrica	22
2.7. Contaminación atmosférica	25
3. JUSTIFICACIÓN	26
4. ESTADO DEL ARTE.....	28
4.1. Contaminación Atmosférica	28
4.2. Contaminación del Agua.....	29
4.3. Manejo de Recursos	31
4.4. Evaluación del Impacto Ambiental.....	35
4.5. Análisis de ciclo de vida de granjas avícolas.....	36
4.6. Gestión de Residuos.....	38
5. OBJETIVOS	40

5.1.	Objetivo General.....	40
5.2.	Objetivos Específicos.....	40
6.	METODOLOGÍA.....	41
6.1.	Análisis bibliográfico nacional e internacional.....	41
6.2.	Solicitud de información a empresa gestora.....	43
6.3.	Comparación de matrices de evaluación de impacto ambiental.....	43
6.4.	Determinación de impactos ambientales del sector avícola.....	44
6.5.	Determinación de medidas de control de impactos ambientales.....	45
6.5.1.	Búsqueda de acciones de control para manejar residuos orgánicos.....	45
6.5.2.	Presentación de acciones de control para el manejo de residuos peligrosos.....	45
6.5.3.	Selección de medidas de control para el control de vertimientos.....	45
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
7.1.	Resultados la investigación y análisis bibliográfico nacional e internacional.....	48
7.2.	Resultado de la búsqueda de medidas de control de residuos orgánicos.....	52
7.3.	Resultado de la búsqueda de medidas de control residuos peligrosos.....	54
7.4.	Resultados de las estrategias de control de vertimientos.....	56
7.5.	Viabilidad de la matriz Vicente Conesa como matriz competente para la valoración de impactos ambientales del sector avícola.....	58
8.	CONCLUSIONES.....	64
9.	RECOMENDACIONES.....	66
10.	LISTA DE REFERENCIAS.....	68

Índice de Tablas

TABLA 1: Matriz de Leopold base..... 11

TABLA 2: Tabla comparativa de ítems de matrices de evaluación de impacto ambiental...58

Índice de Gráficos

GRAFICO 1: Consumo de pollo en colombia.....	6
GRÁFICO 2: Consumo de carne de res en Colombia.....	7
GRÁFICO 3: Consumo de pollo en otros países.....	8
GRÁFICO 4: Caracterización de ítems de Vicente Conesa.....	14
GRÁFICO 5: Cantidad de artículos revisados y seleccionados por país.....	49
GRÁFICO 6: Artículos no seleccionados para la investigación.....	52

Índice de Imágenes

IMAGEN 1: Cajones de compostaje.....	21
IMAGEN 2: Tanque de agua con antibiótico.....	24
IMAGEN 3: Almacenamiento segregado de componentes de residuos de vacunas.....	55

Índice de Figuras

FIGURA 1: Descripción general del flujo de inumos en la granja..... 10

FIGURA 2: Eutroficación de fuentes hídricas por contaminación con aguas residuales de elevada carga orgánica, o solidos y lixiviados por escorrentía..... 23

Resumen

La búsqueda y de medidas de control de impactos y aspectos ambientales provenientes del sector avícola de Colombia, más específicamente del proceso de pollo de engorde, que se dan principalmente por la generación de residuos orgánicos, residuos peligrosos, vertimientos, entre otros factores ambientales, determinados a través de matrices de evaluación de impacto ambiental como lo pueden ser la matriz de Leopold o de Vicente Conesa, teniendo criterios muy segmentados para cada una de estas.

Y este a través de esta monografía se quiere determinar cuáles son las medidas de control óptimas para los impactos ambientales ya mencionados, que son genéricos para el sector avícola, lográndose a través de una revisión bibliográfica, donde se verificaron una serie de artículos y documentos que representaban estudios y aplicaciones reales de buenas prácticas ambientales que se llevan a cabo en los campos avícolas de diversos países de Europa, África, América y Asia. Realizándose una selección de los que mejor presentan una alineación a los criterios de investigación planteados.

Se presenta un índice de que países tuvieron una mayor influencia en dicha revisión bibliográfica, teniendo como resultado una selección de 49 artículos de un total de 67 que fueron revisados, no obstante, los archivos que fueron descartado presentaron una relevancia importante al momento de abordar temas de investigación para el hallazgo de medidas óptimas, para la evaluación de impacto ambiental, manejo de residuos y vertimientos.

Para el manejo del residuo orgánico, se determinaron medidas de compostaje que buscaban una estabilización y regulación de contaminantes, convirtiendo este aspecto

ambiental en un fertilizante claramente comercializable para el sector agrícola. Para manejar residuos peligrosos, se establece un programa posconsumo emitido por la empresa gestora Colecta S.A.S. y de la cual se obtuvo información de como se hace dicho proceso de gestión.

Para el manejo de vertimiento se presenta la generación de carbón activado a partir de las plumas provenientes de una planta de sacrificio de aves de corral. Por otro lado, también se muestra un sistema de tratamiento a través de membranas como lo son: nanofiltración, ultrafiltración y osmosis inversa.

Palabras Claves:

- Avícola, ciclo de vida, impacto ambiental, matriz de Leopold, matriz de Vicente Conesa, vertimientos, residuos sólidos, residuos peligrosos.

Abstract

The search for and control measures of impacts and environmental aspects from the Colombian poultry sector, more specifically the broiler process, which are mainly due to the generation of organic waste, hazardous waste, dumping, among other environmental factors, determined through environmental impact assessment matrices such as the Leopold or Vicente Conesa matrix, having highly segmented criteria for each of these.

And this through this monograph wants to determine which are the most optimal control measures for the environmental impacts already mentioned, which are generic for the poultry sector, being achieved through a bibliographic review, where a series of articles and documents were verified that represented studies and real applications of good environmental practices that are carried out in the poultry fields of various countries in Europe, Africa, America and Asia. Selecting those that best present an alignment to the proposed research criteria.

An index is presented showing which countries had a greater influence on said bibliographic review, resulting in a selection of 49 articles out of a total of 67 that were reviewed; however, the files that were discarded were highly relevant when addressing issues of investigation for the finding of optimal measures, for the evaluation of environmental impact, waste management and discharges.

For the management of organic waste, composting measures were determined that sought stabilization and regulation of pollutants, turning this environmental aspect into a clearly marketable fertilizer for the agricultural sector. For the management of hazardous

waste, a post-consumer program issued by the management company Colecta S.A.S. and from which I provide information on how this management process is done.

For the management of dumping, the generation of activated carbon from the feathers from a poultry slaughter plant is presented. On the other hand, a treatment system through membranes is also shown, such as: nanofiltration, ultrafiltration and reverse osmosis.

Keywords:

Poultry, lifecycle, environmental impact, Leopold matrix, matrix of Vicente Conesa, discharges, solid waste, dangerous residues.

1. Introducción

Con el crecimiento de la alimentación por parte de la sociedad colombiana por el consumo de aves de corral, se ha generado un incremento exponencial en esta sección económica ayudando a la proliferación del sector industrial en términos del incremento de granjas en el territorio nacional, con ello también ha venido en aumento los aspectos e impactos ambientales por parte de dichas granjas y su proceso productivo. Es por ello por lo que el sector ha venido tomando una serie de ideas y propuestas aplicables en diferentes ámbitos ambientales, que han brindado controles parciales y totales, en los términos de agua, suelo, residuos, aire, educación ambiental, entre otros.

A través de esta monografía se busca evaluar una serie de medidas tanto nacionales como internacionales, que brinden a los receptores y profesionales del tema una serie de soluciones y pautas para establecer medidas de control y mitigación, haciendo el pollo de engorde un proceso ambientalmente sostenible.

Como metodología se usó una revisión bibliográfica a nivel nacional e internacional donde se pudiera concatenar una serie de ideas que apunten a una misma solución ambiental, determinando para el receptor de este documento un cumulo de opciones y soluciones varias, que presentan diversos niveles de efectividad para la solución de los impactos negativos que deja el proceso de engorde de pollos en el medio ambiente donde se desarrolla.

Con esta investigación se proponen actividades y la aplicación de equipos ingenieriles que facilitan los seguimientos y la toma de decisiones para dar solución a las problemáticas ambientales del sector avícola.

2. Marco Conceptual

2.1. Mercado de aves nacional e internacional

El consumo del pollo en Colombia ha tenido un incremento de manera exponencial desde del año 2000, teniendo como base 12,7 kilogramos/habitante, hasta el año 2018 que es de 32,1 kilogramos/habitante, según estadísticas de la FAO (2018), como lo podemos apreciar en el Gráfico 1. Esto lo podemos respaldar y reforzar a los demás alimentos cárnicos del mercado, que como mencionan Gil y Roldan (2015), que a través de su investigación realizan una comparación entre mercados de alta intensidad de dicho producto en el mercado como Estados Unidos, China y Brasil, ya que en estos países se dan los orígenes a las aves modificadas genéticamente para su crecimiento anormal, pero que suple la necesidad alimentaria de cada país.

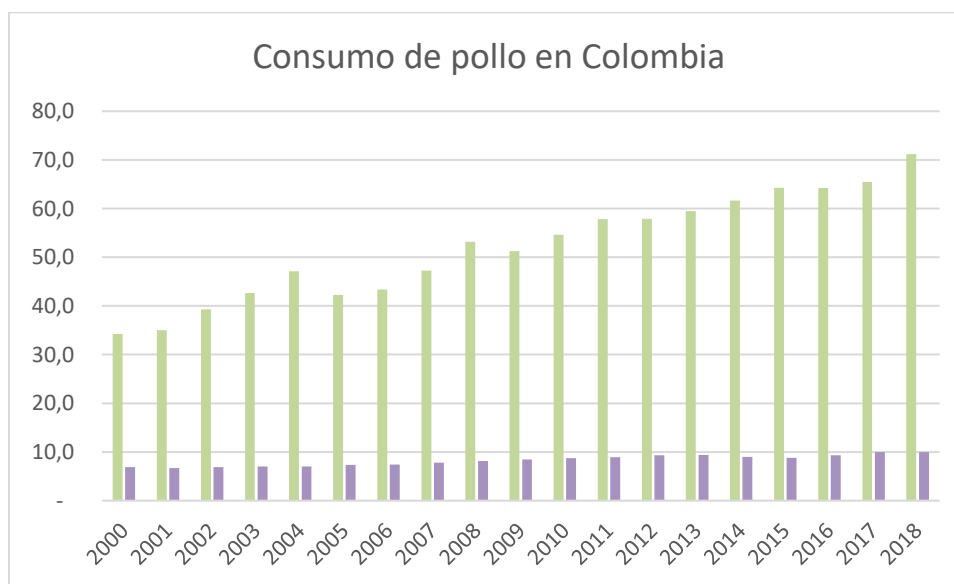


Gráfico 1. Consumo per cápita kilogramos/habitante (2000-2018). Fuente FENAVI 2018.

Esta investigación también arrojó que este consumo vino superando el de res hasta el año 2006, esto lo podemos soportar a través del Gráfico 2, donde se muestra que el

consumo de carne de res para ese año fue de 19,1 kilogramos/habitante, mientras que el consumo de pollo fue de 19,7 kilogramos/habitante según el Gráfico 1.

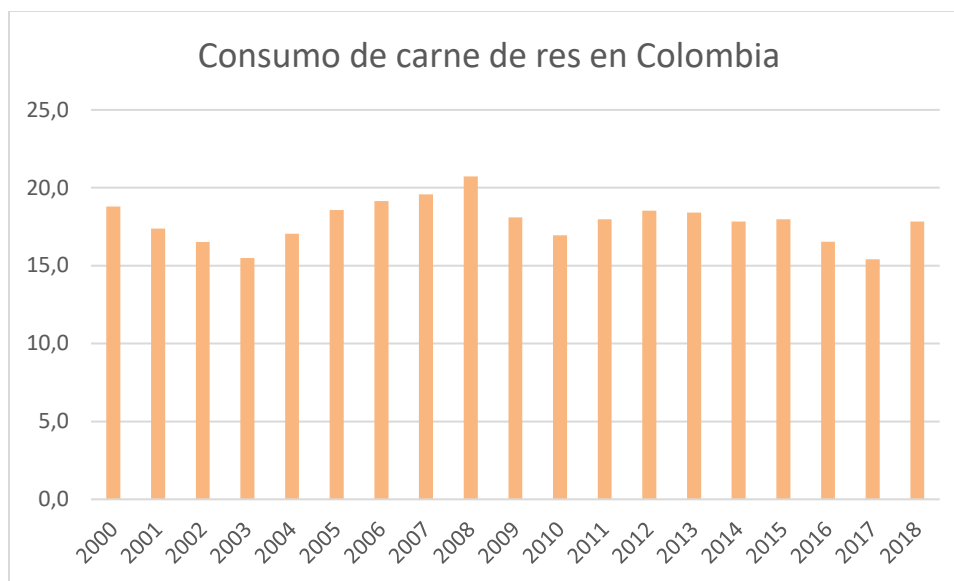


Gráfico 2. Consumo per cápita kilogramos/habitante (2000-2018). Fuente FAO (2020).

Por otro lado, la investigación realizada por Amélie Rouger (2017) presenta un crecimiento constante del consumo de ave de corral en todo el mundo, por ejemplo, en los países occidentales, como Estados Unidos quien es el de mayor consumo junto con Brasil, teniendo un incremento de consumo como sucede en la Unión Europea y en los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Otro caso de gran relevancia y que resalta Rouger (2017) es Francia, la cual duplicó su consumo durante los últimos 30 años, convirtiéndose de esta manera la segunda carne más consumida desde el año 2012.

A continuación en el Gráfico 3, se presentan los datos de consumo de los países mencionados, donde podemos ver de una manera más dinámica, resaltando los valores que tienen ya que en todos se representa un alza constante con el paso de los años (FAO 2020);

no obstante se debe tener en cuenta alguna recesión en cualquier año futuro ya sea por la presencia de algún vector que haga decaer el mercado, tal como lo puede ser la presencia de una nueva enfermedad u otro factor que afecte el pensamiento del consumidor en el mercado, según lo menciona Barrios (2019) con su grupo de trabajo a través de su estudio realizado a las empresas avícolas de Bucaramanga.

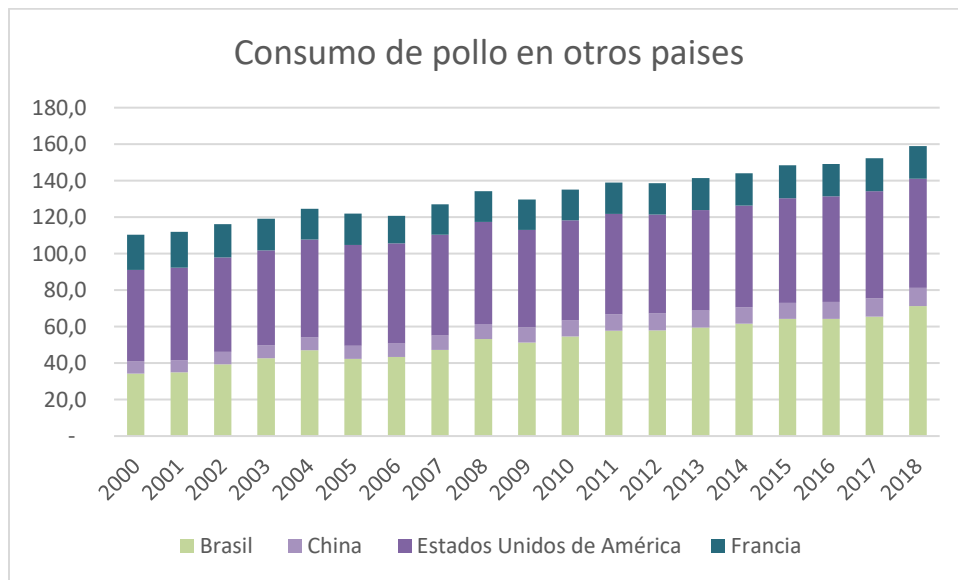


Gráfico 3. Consumo per cápita kilogramos/habitante (2000-2018). Fuente FAO (2020).

2.2. Mecanismos de Evaluación de Impacto Ambiental

2.2.1. Análisis de Ciclo de Vida

Kebreab y su grupo de trabajo (2016) mencionan que a través de la evaluación de los impactos ambientales que se generan en el sector avícola, se pueden determinar cuáles factores son los que representan mayor o menor impacto en dicho sector, esto se logra a través de métodos estadísticos que brindan una ponderación y una valorización, representando gráficamente cual es el de mayor y menor significancia, permitiendo al experto o encargado ambiental de la organización avícola desarrollar y tomar medidas de

control. Con el análisis de ciclo de vida se puede hacer ese análisis, siendo una herramienta clave para determinar a qué impacto ambiental se le debe hacer un mayor seguimiento, para ello es indispensable hacer un soporte a través de la ISO 14040 (2006), ya que expone dicho análisis y donde según Kebreab y su grupo de trabajo (2016), realizó el análisis de ciclo de vida a través de un software donde reúne información de bases de datos, que proporcionan datos de costos, energía e impactos ambientales de la obtención de cada materia prima o componente que es usado, en este caso para la obtención de pollo de engorde.

La herramienta de análisis de ciclo de vida, para el sector avícola es de gran aplicación, aún más cuando cada insumo que entra y sale del proceso puede monitorearse con brevedad, debido a que tiende a ser cíclico (Kebreab *et al.* 2016); un ejemplo lo podemos ver en la Figura 1, donde se exponen las entradas y salidas que tiene un proceso para su desarrollo, estas entradas pueden estar pautadas por un seguimiento que va desde su origen hasta su resultado como disposición.

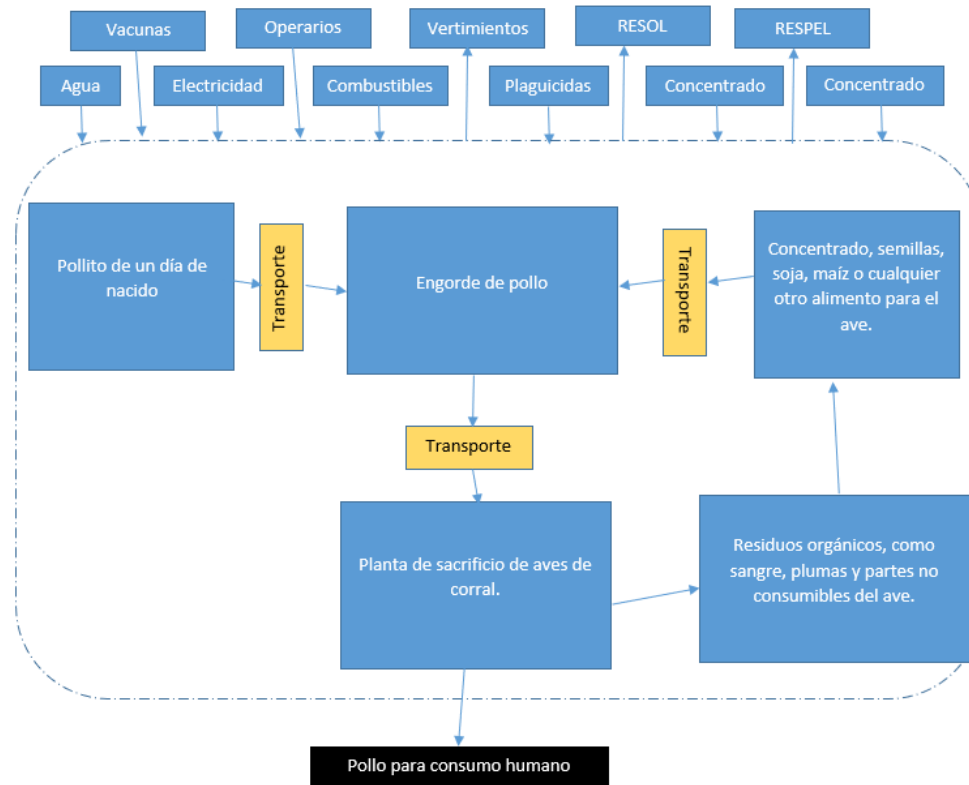


Figura 1. Descripción general del flujo de insumos en la granja. Fuente: Kebreab, E, (2016).

Las condiciones ambientales de una granja de engorde permiten determinar qué nivel de impacto puede tener cada aspecto ambiental en una granja; factores como la altura, la temperatura, la flora que se pueda desarrollar en la granja y la cercanía con la comunidad rural a la cual se encuentre directa o indirectamente conectada la granja de producción de aves de engorde, son medidas que se tienen en cuenta para un análisis más profundo y con resultados más concisos para los planes de acción que se vayan a plantear. Es aquí donde métodos estadísticos para la evaluación del impacto ambiental, nos brindan una ponderación y un camino claro, bajo un diagnóstico ambiental que impacto ambiental debe

ser reducido de manera pronta debido a las afectaciones que genera en el entorno que se encuentre la granja.

2.2.2. Matriz de Leopold

Para ello Tejaswi D y Samuel (2017) dan a conocer una herramienta de evaluación de riesgos ambientales, donde se postula la Matriz de Leopold y otras herramientas que permiten acciones efectivas, que conducen a un entorno fiable, extralimitando a una organización bajo las decisiones sobre cómo realizar una correcta evaluación de impacto ambiental según la necesidad; mencionan además que la matriz consta de columnas que representan acciones organizativas, como procesamiento de insumos a través de un proceso, que para este caso sería el proceso de pollo de engorde.

Para una Matriz de Leopold base (tabla 1) se postula una escala de 1 a 10, donde 1 no es tan significativo el factor a evaluar ambientalmente y 10 es muy significativo, teniendo un rango amplio de consideración para aplicar la evaluación, brindando una mayor precisión en los resultados. Estos factores según Sajjadi, S. *et al.* (2017), se identifican a través de la necesidad de las acciones propuestas para poder minimizar los impactos ambientales, describir en lugar o las circunstancias en donde se desarrollarán dichas acciones y una breve discusión de la viabilidad de estas actividades, ya que puede tener riesgos indeseados, tales como la generación de nuevos impactos ambientales o que simplemente no se cumpla lo que se desea.

Tabla 1. *Matriz de Leopold Base.*

Aspectos Ambientales		
Descargas a cuerpos de agua.	Emisiones al aire libre.	Generación de residuos.

Actividades organizacionales	Suma total
------------------------------	------------

. Fuente: Tejaswi D (2017)

Cada uno de los aspectos ambientales se compara con las diferentes actividades y a todos estos se le da un valor en función del número de controles o actividades organizacionales, el más alto de estos puntajes al final de la suma total se considera como valor de referencia, todos los aspectos con una puntuación superior al 50% del valor tomado de referencia es considerado como significativo.

Los resultados provenientes de la matriz de Leopold que según Al-Nasrawi (*et al.* 2020), generan un análisis que no produce unos valores numéricos que pueden ser valorados, si no que brinda una serie de decisiones a valor, más claramente nos permite determinar que impactos ambientales son los más representativos de un ámbito específico y si se logran o no, reducir a través de las actividades que se planteen.

Estos criterios con los cuales se evalúan los impactos ambientales, que a diferencia de la Matriz de Leopold tiene un mejor acogimiento en Latinoamérica, debido a su mejor entendimiento y manipulación, que según Coy Tello y Gomez Suarez (2017) explican, esta matriz evalúa de manera cuantitativa pero haciendo uso de valores seleccionados cualitativamente, es decir, los resultados a obtener serán valores numéricos obtenidos a partir de datos que representan una descripción amplia y concisa del impacto que se va a evaluar, dados por los criterios de Conesa, a continuación, se presenta cada uno de los criterios con su respectiva descripción dada por Conesa (Conesa Fernández, Conesa Ripoll, Conesa Ripoll, & Ros Garro, 1997).

- **Signo (+ -):** Es la definición inicial que se le da a un impacto ambiental que, dependiendo de sus afectaciones al entorno, puede estar dando cambios perjudiciales o benéficos dependiendo de su caracterización.
- **Intensidad (In):** Es el nivel de aportes benéficos o maliciosos que hace el impacto ambiental a un factor ambiental, dependiendo de su signo.
- **Extensión del impacto (Ex):** Es la característica que refleja el dominio territorial o que abarca un impacto ambiental.
- **Momento o tiempo de manifestación (Mo):** Hace referencia al periodo de tiempo en el cual esta contemplado la acción del impacto ambiental sobre su inicio en el factor aplicable.
- **Persistencia o tiempo de permanencia (PE):** Es el tiempo de duración que tiene un impacto ambiental desde su inicio, hasta su posible control o mitigación ya sea por causas naturales o buenas prácticas aplicables.
- **Reversibilidad (RV):** Es la capacidad de reestructuración por parte de la naturaleza hacia el impacto ambiental, lo que hace que se retorne a las condiciones normales o cuando no se encontraba esta afectación.
- **Recuperabilidad (MC):** Es el nivel de mejoría que tiene un factor ambiental por condiciones netamente naturales sin practicas antrópicas.
- **Sinergia o capacidad de unión con otros impactos (SI):** Es la capacidad de mezclarse o unirse dos o más impactos ambientales para aumentar su nivel de destrucción o recuperación dependiendo de su signo.

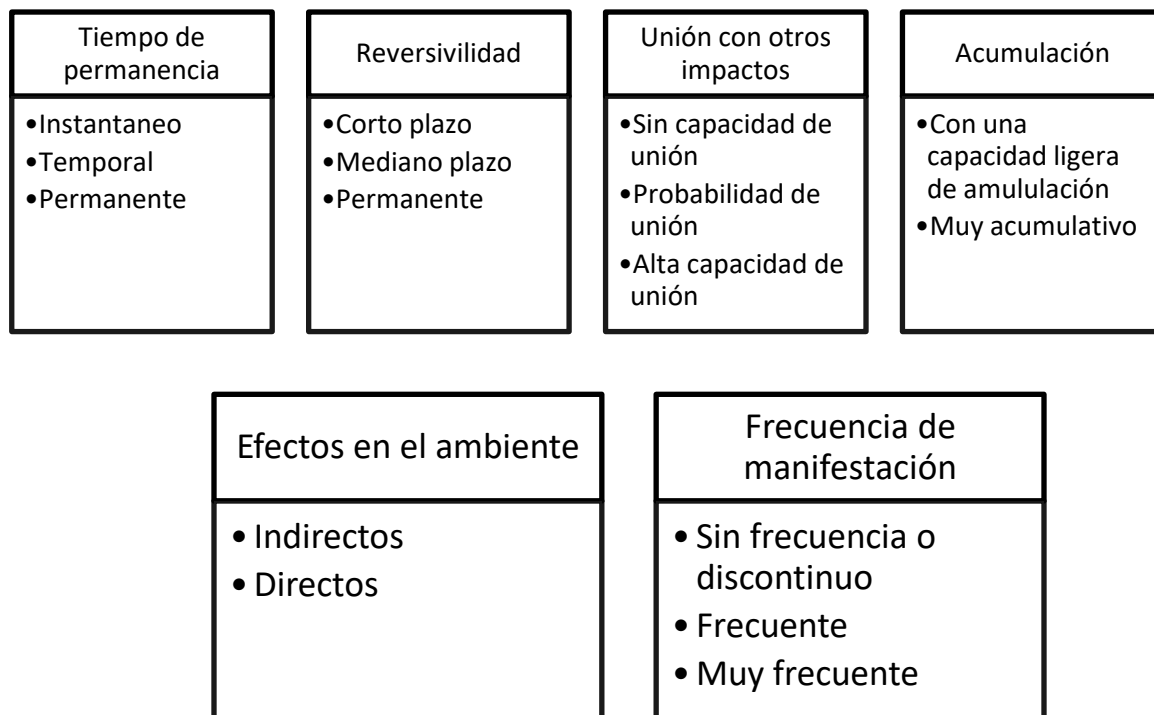
- **Acumulación (AC):** Nivel de aglomeración de las características de un impacto ambiental.
- **Efecto (EF):** Forma de manifestación, que se da por los efectos causados en el entorno donde se desarrolla.
- **Periodicidad o frecuencia de manifestación (PR):** Se define como la regularidad o constancia con la que se presenta.
- **Importancia del impacto (I):**

$$IM=N(3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$$

A continuación, en el Gráfico N°2, se hará una descripción de los diferentes valores que puede adquirir cada criterio establecido por Conesa, ya que con estos resultados se podrá hacer ejecución de la ecuación establecida en el ítem de la importancia del impacto, siendo factor clave para el análisis de resultados y la toma de decisiones con el impacto de mayor negatividad o para este caso de valor más elevado.

Gráfico 2: *Caracterización de ítems y valores de la matriz Vicente Conesa*

Naturaleza	Intensidad o nivel de destrucción	Extensión del impacto	Tiempo de manifestación
<ul style="list-style-type: none"> • Impacto positivo • Impacto negativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo • Medio • Alto • Muy alto 	<ul style="list-style-type: none"> • Local • Parcial • Amplia • De consideración 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo lejano • Tiempo medio • Instantaneo • De consideración



Información tomada de Conesa Fernández et al. (1997).

Como podemos apreciar los valores son muy puntuales y en relación con la matriz de Leopold es mucho más consistente, los resultados deseados van a tener un mejor respaldo y en el momento de que la matriz sea revisada por diversos profesionales, lo harán con base en una serie de criterios ya establecidos.

Las medidas a tomar tendrán una mayor efectividad y se podrán hacer reevaluaciones después de haber ejecutado planes de acción que hayan surgido de una primera evaluación ambiental, dejándonos como resultado conclusiones sobre la efectividad de las acciones tomadas. Esta aplicación se resalta claramente por el ingeniero ambiental Sánchez Tenazoa (2016), quien expresa visiblemente que el factor de una matriz que represente a través de métodos numéricos alineados a una serie de criterios establecido, representa un ambiente de pensamiento y de labor más óptimo para la toma de decisiones,

es por ello que la sugerencia prevalece en fomentar el uso de la matriz Conesa, respecto a la de Leopold, debido a su versatilidad y puntualidad en el manejo de los aspectos e impactos ambientales.

2.3.Impactos ambientales de la industria avícola

Con el crecimiento de la demanda por los consumidores hacia el sector avícola, se tiene un incremento en las granjas que dan origen a la producción del pollo de engorde para consumo humano, lo que a su vez da un incremento estadístico en la generación de aspectos e impactos ambientales, como lo expone A. Mottet y G. Tempio (2017).

Un efecto positivo que puede obtenerse del sector avícola es la generación de un abono por la pollinaza, ya que como explica A. Mottet y G. Tempio (2017), el nitrógeno que recae en forma de orina o excretas por parte de las aves en la cascarilla de arroz, se recicla en la fertilización de pastos y cultivos, no obstante hay otra parte que fluye hacia el ambiente donde se recae en forma de emisiones y lixiviación que se infiltra en el subsuelo generando la contaminación de corrientes hídricas subterráneas.

Por otro lado, tenemos la afectación a las fuentes hídricas que también funciona como impacto ambiental generado por el engorde de aves de corral, esto se da, según Ilkka Leinonen y Ilias Kyriazakis (2016), por procesos de eutrofización por el flujo de nutrientes pertenecientes al proceso productivo, que como resultado llegan a corrientes hídricas superficiales o subterráneas, por escorrentía o deposición atmosférica. Ellos también postulan que los principales contaminantes que llegan a generar el impacto son nitratos y fosfatos, los cuales tienen un potencial de acidificación.

De igual manera y a nivel general, la falta de controles y registros constantes en lugares operacionales y estratégicos de las granjas como lo expresa Ramos Sepúlveda (2019), quien evalúa el impacto ambiental de granjas avícolas identificadas por CORPONOR; se explica que a pesar de que las granjas cuenten con puntos de trabajo o de operaciones como la planta de tratamiento donde se distribuye el agua a los galpones, o el centro compostaje de mortalidad donde se degradan todas las aves que perecen durante el proceso de pollo de engorde, en ninguno de estos puntos se tiene un monitoreo o seguimiento que permita tomar medidas correctivas o aplicaciones de control.

Otro factor también mencionado en el artículo de Ramos Sepúlveda (2019) y que es de igual influencia en Colombia, es la lejanía de las granjas o que su disponibilidad está tan limitada debido a que se encuentran en lugares tan alejados, que con gran dificultad las gobernaciones y entidades reguladoras llegan hasta estas inmediaciones para hacer cumplir las regulaciones ambientales aplicables para la zona. En muchos casos un funcionario del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), realiza una sola visita para poder dar la certificación y en un futuro no se vuelve a dar, debido a las mismas dificultades de accesibilidad.

Además, como menciona Cardona (2015) en su evaluación ambiental de residuos de una granja avícola ubicada en el Valle del Cauca, la generación de residuos peligrosos, provienen en su mayoría de los procesos de vacunación que se la hace a las aves a lo largo de su proceso de engorde, por lo tanto, se encuentran residuos como jeringas usadas y envases con residuos de agentes antivirales que se le aplican a las aves. Debemos resaltar

que este no es un impacto para considerar, no obstante, debe seguir tratado bajo la legislación ambiental legal vigente.

Por último, Se resaltan que los impactos de este sector sobre el medio ambiente han tenido un manejo adecuado por parte de los diferentes países que generan una gran explotación de este sector; por ejemplo, Pelletier (2014) junto con su grupo de investigación realizaron una estimación que reveló que la huella ambiental de dicha industria en Estados Unidos ha tenido una disminución del 65% en las emisiones de acidificación, provenientes de los galpones, más específicamente de las camas compuestas principalmente por cascarilla de arroz y excretas de las aves.

En este mismo artículo también se habla de una reducción del 71% de gases de efecto de invernadero y un 31% de reducción en la demanda de energía, no obstante, estos impactos ambientales deben seguir apuntando a una reducción continua, hasta donde se logre un punto de equilibrio correlacionado con la economía de la organización.

2.4. Contaminación del suelo

La contaminación del suelo en el sector avícola se da principalmente por mal manejo de residuos orgánicos como gallinaza y pollinaza, proveniente de las de las aves que se deposita en el suelo, que según Melo Bustos y su grupo de trabajo (2016), a través de su diagnóstico ambiental que la presencia del fósforo en el suelo se genera por medio de la acción de las fitasas, generando microorganismos que fluyen a ríos y lagos, provocando fenómenos de eutrofización en las corrientes de aguas. De igual manera, la presencia de este estiércol en el suelo puede generar una obstaculización de los poros, saturándolo y generando una limitación del flujo de aguas lluvias en el subsuelo, causando

a largo plazo inundaciones, también se generan zonas anaerobias donde proliferan los microorganismos cuyo metabolismo es anaeróbico, generando gases contaminantes como amoníaco, metano y ácido sulfhídrico.

Las principales propiedades del estiércol de aves de corral son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio entre otros, además de materia orgánica seca, que según Arce-Solano (2020) y su equipo de investigación, puede ser convertido a través de un tratamiento adecuado en un potencial impacto positivo para el medio ambiente reflejado en abono orgánico.

2.5. Manejo ambiental de residuos

Para manejar los residuos generados en una granja de pollo de engorde, se debe tener claro la normatividad que rige tanto a los residuos sólidos convencionales como a los peligrosos que, para este caso, es el Decreto 4741 de 2005, ya que como se expresa en la guía para el subsector avícola (FENAVI 2014), se deben clasificar dependiendo de las características de peligrosidad, se debe llevar una cuantificación de la generación de los residuos, se debe tener un mecanismo de evaluación y seguimiento a la generación de estos y el personal de la granja debe tener una serie de capacitaciones frente al manejo de los residuos peligrosos debido al riesgo que involucra el contacto con estos.

A su vez, se estipulan una serie de criterios que giran en torno al centro de acopio y al transporte tales como: A) Si los residuos peligrosos se encuentran rotulados e identificados según la NTC 1692 (2005), B) los contenedores o el lugar donde se almacenan estos residuos cumplen con los lineamientos establecidos por el Decreto 1609 (2002), esto va de la mano con el Decreto 1509 (2002), donde también C) se debe dar un

cumplimiento a las obligaciones por parte de los remitentes, que en este caso serían los administradores de cada granja, cuando entreguen dichos residuos al ente gestor.

Como plantea Cardona (2015), los residuos orgánicos provenientes de las granjas de engorde son dos, que son impactos ambientales que recaen principalmente en los recursos de suelo, agua y aire, los cuales son:

- Mortalidad de aves a lo largo del proceso de engorde.
- Gallinaza y pollinaza de los galpones.

Para cada uno de estos se deben realizar tratamientos completamente diferentes, ya que sus componentes orgánicos, representan niveles de bioseguridad diferentes en términos de microorganismos, esto presentado por Joshua Z. Arias y su equipo de trabajo (2018), donde hablan directamente sobre el manejo de las aves que perecen durante el proceso de engorde, estableciendo medidas de manejo como:

- Compostaje.
- Entierro.
- Incineración.
- Estabilización y degradación.

Cada una de estas presentando una serie de ventajas y complicaciones, sin embargo, es destacable la solución presentada por Arias (2019) habla de una hidrólisis alcalina con hidróxido de potasio, manejando variables como la temperatura y constantes como la presión específica de cada granja, según su ubicación geográfica. Este método fue utilizado para la eliminación de pollos de engorde fallecidos hasta de 20 días, teniendo como

resultado una reducción de los sólidos volátiles en un 96%, representando un método sencillo y factible para la gestión de la mortalidad.

A continuación, en la imagen 1, se presenta un ejemplo de cómo se deben realizar los procesos compostaje en cajones para mortalidad y pollinaza o gallinaza en las granjas, de una manera adecuada y ordenada y donde el operario puede realizar procesos de volteo de los cajones y monitoreo de vectores de manera práctica y directa.



Imagen 1. Cajones de compostaje. Fuente autor.

Olger Arce-Solano (*et al.* 2020) menciona que la estabilización de este abono orgánico a partir de compostaje debe tener de 20 a 35 unidades de carbono por una de nitrógeno, para ello se debe aunar con materiales como aserrín, trozos de madera, residuos de cosechas, de pastizales, desechos de caña, entre otros. Igualmente, según la guía ambiental para el subsector avícola (FENAVI 2014) en el compostaje se generan temperaturas que logran llegar a los 70°C, afectando, la actividad de microorganismos como los mesófilos, cuya temperatura acorde oscila entre los 35 y los 45°C. Estos

microorganismos son los que hacen posible la degradación de moléculas más simples en sustrato aprovechable.

Por otro lado, tenemos microorganismos termófilos, los cuales requieren una temperatura superior a los 45°C, para poder degradar moléculas complejas como celulosa, grasas, lignina y resinas.

2.6. Contaminación hídrica

Como se presenta en la Guía ambiental para el subsector avícola (FENAVI 2014), las fuentes hídricas superficiales y subterráneas se ven contaminadas especialmente por operaciones de lavado y desinfección que se llevan a cabo en la granja, más específicamente de los galpones y de los vehículos y personal que ingresa. También por el arrastre de la gallinaza y pollinaza que no tiene un correcto almacenamiento o gestión.

Todo esto recae en procesos de eutrofización, que a su vez genera cambios en las fuentes hídricas en términos de color, olor, sabor, turbidez, entre otros, generando cambios graves en ecosistemas acuáticos; este proceso se explica a mejor detalle en la Figura 2, donde según Jiménez-Veuthey (*et al.* 2020) las excretas de las aves, ricas en fósforo y nitrógeno generan un crecimiento irregular en la flora acuática, produciendo una capa que obstaculiza la interacción del oxígeno atmosférico con el hídrico, estableciendo una situación netamente anaeróbica en el agua, evitando la proliferación de la fauna acuática pertinente.

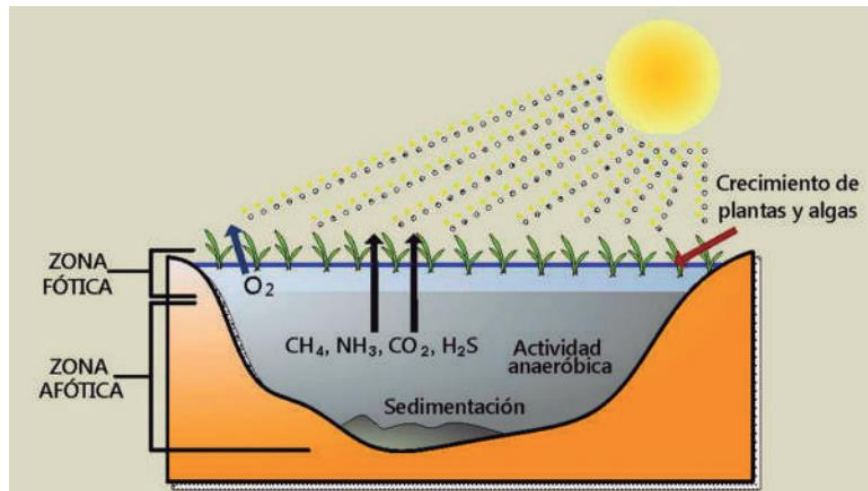


Figura 2. Eutrofización de fuentes hídricas por contaminación con elevada carga orgánica o sólidos y lixiviados por escorrentía.

Fuente: Guía ambiental para el subsector avícola. (FENAVI 2014).

Para el control de este factor ambiental se debe tener en cuenta la tasa retributiva establecida en el Decreto 2667 de 2012, para este caso no se presentarán métodos de tratamiento terciarios, tales como ultrafiltración o microfiltración, como es presentado por Mahdi Malmali (2018), debido a los altos valores económicos que representa su implementación, no obstante si la organización cuenta con la capacidad económica de realizar dicha adquisición los resultados serán completamente favorables, ya que este artículo asegura una remoción de la DQO en un 93%, DBO en un 94%, sólidos suspendidos totales en un 100% y grasas y aceites en un 100%. Siendo unos estándares de muy alta calidad para la normatividad ambiental legal vigente que rige la gestión de los vertimientos.

Por ello se toman medidas de control estipuladas en la Guía ambiental para el subsector avícola (FENAVI 2014), donde habla de actividades prácticas en términos de reducción del consumo hídrico, siendo este un aspecto ambiental a considerar debido a la gran demanda de dicho recurso por temas de desinfección y control de agentes patógenos de las aves, suministrando antibióticos a través de tanques de almacenamiento de agua

como lo podemos ver en la imagen 2, Donde se resalta su color verdoso dado por el antibiótico o agente químico que se quiere suministrar a las aves a través de sus bebederos. Como se describe en la Guía ambiental, esta es una de las actividades que generan contaminación del recurso hídrico, llegando a verterse estos antibióticos a efluentes que posteriormente recaerán en impactos negativos como es mencionado por Amanda Epps y Lee Blaney (2016) en su artículo, por lo que la guía se establece la importancia de tener controles y monitoreos que permitan evidenciar fugas o escapes en el sistema hídrico interno de la granja, para atender a su pronta reparación, esto se basa en un modelo general de las estructuras de las granjas y galpones



Imagen 2. Tanque de agua con antibiótico. Fuente autor.

A pesar de que los vertimientos no pueden ser eliminados debido a que son recurrentes a los procesos productivos, se deberá optar por sistemas de tratamiento, ya sean desde tratamientos físicos hasta químicos que permitan remover la carga orgánica, que es el contaminante más representativo en los vertimientos generados por la granja. A partir de estos tratamientos y como estipula en su documento Beltrán y García (2016), no solo se buscará una reducción de dichos agentes contaminantes, si no también buscar oportunas recirculaciones del recurso hídrico, ya sea para temas de desinfección de los galpones, los vehículos que ingresan a la granja u otros posibles sitios donde se reduzca el aspecto ambiental del consumo de agua.

2.7. Contaminación atmosférica

La generación de gases como ácidos orgánicos volátiles, amoníaco, metano, dióxido de carbono, gas sulfhídrico y partículas respirables, que se encuentran establecidos en la Guía ambiental para el subsector avícola. (FENAVI 2014), que son provenientes de la gallinaza y pollinaza cuando se descomponen y que como menciona Bohórquez, (*et al.* 2019) son los principales agentes que por un mal acondicionamiento de esta gallinaza – pollinaza, generan dichos gases de efecto de invernadero. Estas emisiones no solo generan afectaciones ambientales, sino también para los operarios de la granja, que deben realizar procesos de acondicionamiento y mantenimiento de estos abonos para posteriormente ser comercializados o no resulten en un impacto más para el ambiente, como lo expone Ruiz Chango (2019) en su valorización de residuos aprovechables de la industria avícola.

3. Justificación

El desarrollo y comercialización de aves de corral en el territorio colombiano ha tenido un desarrollo considerable, debido a su fácil producción teniendo una consideración que dicha ave consume y crece radicalmente en un periodo de tiempo corto. Según Ramírez Álvarez (2016), el consumo de aves de corral a través de los años ha tenido un aumento destacable, teniendo para el año 2015 un consumo del 55,63% frente a otras carnes como la de res y cerdo, esto viéndose respaldado por su valor nutricional siendo más aprovechable.

Esto lleva a un crecimiento de las empresas que proveen este producto y a su vez han tenido que ampliar sus granjas de producción, lo que nos lleva a un incremento en los impactos ambientales que generan dichas granjas. La falta de un profesional o de iniciativas empresariales que lleven el control de dichos aspectos e impactos, generan una serie de consecuencias que ya sea a corto, mediano o largo plazo se deben evitar en su mayor nivel, debido a la cercanía que se tiene con sociedades rurales y con entorno puramente diversos en ecología y ciclos naturales que fluyen constantemente con una serie de factores claves, que no pueden ser contaminados ni alterados.

Como establece Suárez Vera (2018), las cargas contaminantes a las cuales se les quiere dar un control o una serie de opciones en controles tecnológicos de altos y bajos costos giran en torno a análisis de ciclos de vida en los vertimientos generados, en los consumos de energía, en el consumo de insumos para el mantenimiento de la granja, emisiones y generación de residuos.

Los resultados obtenidos a través de los análisis previamente mencionados, orientados a las cargas contaminantes provenientes de vertimientos, residuos, entre otros, dejan como inicio a la innovación o mejoramiento de las actividades planteadas en esta monografía, ya que como el manejo de ciclo de vida que aplicó Suarez Vera (2018), al examinar cada insumo que se utiliza en la granja y de cómo este se convierte en un impacto ambiental a lo largo del proceso de pollo de engorde, se brinda mayor facilidad en la estructuración de actividades que sean aplicables a lo largo de dicho proceso, lográndose una valorización final de cómo se disminuyó o no su impacto al final de su vida útil, ya sea en una gestión interna por parte de la organización o externa por parte de una entidad que se dedique a ello.

4. Estado del Arte

La evolución del sector avícola ha tenido los ojos puestos en el desarrollo agropecuario a lo largo del territorio nacional, estableciendo entidades reguladoras que mantengan al margen normativo las industrias y organizaciones en un sistema tanto de calidad como de compromiso de la sostenibilidad ambiental. Esto es resaltado por Aguilera Díaz (2014), quien denota que el sector avícola ha tenido un crecimiento anual del 7,1% en promedio desde el 2012. Por lo tanto, seguirá aumentando con el paso de los años debido a sus ventajas sobre carnes como la de cerdo y la de res en términos nutricionales (Aguilera-Díaz, M. M, 2020).

Para este documento ahondaremos en la situación actual del subsector avícola, específicamente en el estado actual del engorde de aves de corral y como los avances tecnológicos han logrado armonizar la sostenibilidad económica con la generación constante de aspectos e impactos ambientales.

4.1. Contaminación Atmosférica

Se realizó una serie de mediciones de campo en aves de corral más exactamente 3056 pollos de engorde en un instituto de Investigación de Flandes para la agricultura, la pesca y la alimentación en Bélgica, por parte del grupo de Zhuang (2020). A través de este estudio se buscó la selección de un analizador de aire el cual pudiera reunir la información de los gases de mayor impacto emitidos durante la descomposición de la gallinaza, como los Ácidos orgánicos volátiles, amoniaco, metano, dióxido de carbono, gas sulfhídrico y material particulado, como uno de los métodos de control que disminuyen una exposición de los trabajadores y futuros riesgos para la compañía.

La aplicación de analizadores de gas de amoníaco para granjas ganaderas, siguiendo la directriz del protocolo de prueba de Verificación de Tecnologías Ambientales para la producción Agrícola, que comercialmente se conocen como INNOVA 1314, Picarro G2103, Rosemount CT5100, Gaset CX4000 y Axetris LGD F200-A, son módulos que miden múltiples gases y eliminan la calibración de campo. Con la aplicación del método químico húmedo como referencia la concentración de amoníaco, que fue el principal gas de estudio, presentó variaciones entre 0,98 y 19,1 ppm entre cada analizador, teniendo errores por debajo del 10%, para ello se hizo una recalibración estableciendo una mejor precisión de más o menos un 6,7%. Se concluye que es de suma relevancia establecer calibraciones periódicas en campo que garanticen una reducción en errores en los resultados. Esto garantizará una toma de decisiones y testeos de decisiones y opiniones por parte del equipo profesional de la organización sin generar ninguna exposición que involucren peligros y riesgos para el personal de la empresa, por último la organización debe tener claridad el estado de su gallinaza generada con eso establecerá que analizador escoger, que se adapte a sus necesidades de contaminación atmosférica y le permita tomar decisiones óptimas para la regulación y mitigación de este impacto ambiental (Zhuang, S. 2020).

4.2. Contaminación del Agua

En India, el investigador Goswami (2020) del departamento de Ingeniería Química del Instituto Indio de Tecnología Guwahati, realizó un estudio de tratamiento de agua de una planta de sacrificio de aves de corral, a través de este estudio buscaba el uso de cenizas volcánicas y otros materiales resultantes de otros procesos industriales que pudieran ser

reincorporados a algún sector productivo, ayudando al tratamiento de aguas residuales de las plantas de sacrificio de aves de corral.

Esto se realizó mediante una micro membrana tubular FABRICADA con un proceso de extrusión con composiciones de 75% de ceniza, 20% de cuarzo y 5% de carbonato de calcio. Las membranas contaban con un tamaño de poro de 0,133 μm .

El agua proveniente de la planta de sacrificio de aves cuenta con altos niveles de DQO y sólidos suspendidos totales. Como resultado se obtuvo que la membrana presentó un éxito en la separación de agentes orgánicos presentes en las aguas residuales y el agua permeada del proceso, otorgo cumplimiento a las normas ambientales de calidad de vertimientos, esto brindo un gran beneficio a la organización, pues se pudo recircular el agua para lavados de los galpones de las aves de corral, generando un ahorro económico anual y mitigando el problema de escasez de agua (Goswami, K. P. 2020).

En China el grupo de Yang (2020) realizó un análisis de como la contaminación de la ganadería y aves de corral afecta las fuentes de agua en la ruta media de sur a norte, para ello se hizo un estudio bajo la medición estadístico ambiental de huella gris, la cual nos brinda una referencia en términos de calidad de agua que es tomada, para este caso en procesos como la hidratación del pollo, el lavado y desinfección de galpones y cualquier otro agente que ingrese a la granja, desde vehículos hasta personal operativo interno y personal externo. A su vez este índice estadístico se asocia con normas existentes de calidad hídrica pertinente a cada territorio, para de esta manera hacer un retorno al sistema hídrico bajo características de calidad puntuales.

Para ello se tomaron muestras de un periodo de tiempo entre los años 2000 y 2017, donde se notó un aumento de contaminantes como carga orgánica, fósforo total, nitrógeno total y DQO, no obstante, en el estudio se denotó una ligera reducción de dichos contaminantes entre los años 2007 y 2014 que claramente puede ser partícipe de diferentes variables como lo pueden ser pertinentes al entorno o al proceso productivo como tal.

Durante el análisis se determinó que el nitrógeno total tiene un mayor impacto en la calidad del agua que el fósforo total y la DQO. Los diferentes condados donde se analizaron estos contaminantes presentaron una serie de variaciones que fueron directamente relacionadas a la estructura de producción de ganadería y aves de corral, condiciones geológicas y de transporte de la zona y también ambientales. Partiendo de ella se puede obtener que en condados tener una mayor priorización y control considerando que sus niveles de contaminantes se encuentran en unos niveles mucho más elevados (Yang, J. 2020).

Estos estudios pueden ser aplicados a veredas o grupos poblacionales, donde se forman las granjas de aves de corral a lo largo del territorio, estableciendo puntos extremos de donde se origina las fuentes hídricas de la zona, hasta donde se ve interconectada con otros departamentos o municipios desarrollando escalas de impacto ambiental.

4.3. Manejo de Recursos

Según García, T. y Jarquin, A. (2015) Las necesidades alimenticias de aves de corral se basan prácticamente en el suministro constante energía y grasa que aumente su peso corporal constante, a través de un sistema cíclico entre el sacrificio de aves de engorde y la producción de concentrado para estas mismas, ya que en varias ocasiones de las plantas

de sacrificio se envían insumos como plumas y sangre que se utilizan para la producción de dicho alimento, esto no genera ninguna afectación en el consumo por parte de los pollos, debido a que estas aves carecen prácticamente de gusto y olfato, favoreciendo la reducción de potenciales residuos orgánicos, como es expuesto en el documento de Lackwood, L. y Rodriguez, H. (2017).

Es por ello por lo que se contemplan otras variables de aplicación que brinden un alto contenido de proteínas al ave de corral durante su proceso de engorde, esto siendo utilizado como un suplemento mas no como un sustituto del alimento convencional brindado a las aves de corral. En el estudio propuesto por Wu, H. (2020), se habla de la implementación de una biorrefinería de algas para la producción de proteínas y biogás en donde se utilizaba el alga *Chlorella sp* mediante tratamiento hidrotermal asistido por CO₂ y digestión anaeróbica, siendo un complemento alimenticio de gran consideración debido a su rápido crecimiento y baja demanda de recursos.

La *Chlorella sp* incursionó como alimento con un potencial y nutrientes, como complemento alimenticio para las aves de corral, obteniéndose a través de un proceso hidrotermal con un monitoreo constante de la temperatura, teniendo un control de su crecimiento a condiciones favorables, que a su vez puede generar un índice de favorabilidad de huella de carbono, para el proceso de pollo de engorde. Posteriormente a ello Wu (2020) y su grupo de investigadores realizaron una digestión anaeróbica de las algas, para obtener proteínas para el consumo de las aves de corral, ya sea como complemento alimenticio o preferiblemente para ser considerado como alimento principal, ya que el rendimiento de proteínas fue de alrededor el 41% por gramo de alga.

Un estudio realizado por Adebeye (2020) y su grupo consistió en darle un manejo alimenticio al pollo de engorde para consumo humano, a través de la implementación de semillas seleccionadas de papaya, mostaza y comino negro como aditivos en la dieta de una especie en concreto de ave, *Arbor Acre Plus*, que es usada comúnmente en el mundo para su engorde y distribución como alimento.

Este experimento se llevó a cabo en una Granja de Investigación y enseñanza, con aves de criadero con una edad de 180 días, teniendo una duración de 8 semanas de ensayo. Se desarrollaron dos casos, uno con las semillas y aplicación de antibióticos y/o medicamentos y otro con las mismas semillas, pero sin aplicación de antibióticos y/o medicamentos. Se estableció como indicador el aumento de peso corporal, la ingesta de alimento y la tasa de conversión alimenticia como datos de rendimiento de los dos casos previamente planteados. Como resultado de ello se obtuvo que la mostaza tuvo un mayor aporte en el crecimiento del ave, pero el tratamiento sin aditivos fue el que tuvo el menor consumo, ya que no representaba un enriquecimiento añadido como lo tenían las demás semillas, presentando una menor atracción alimenticia por parte de los pollos. No obstante, en los resultados de la carne se obtuvo que la carne con comino negro tuvo una mejor aceptación que la que fue experimentada con mostaza. Partiendo de estos datos se concluye una dieta de mayor variación para las aves de corral que contemplen diferentes semillas y que de igual manera generaran una optimización en crecimiento y calidad de la carne producida con mayor competitividad. (Adebeye, M. J. 2020).

El grupo de Yi Qian (2018), realizó un análisis de la contaminación ambiental sufrida por el sector avícola producto de las grandes cantidades de pollinaza y gallinaza

generada, por la alta demanda de este producto alimenticio, considerando que el ave de corral tiene un rendimiento claramente efectivo en términos de la relación consumo engorde, por lo que es un motivo mayor para que se hiciera un sistema ambiental en torno a las aves de corral y su engorde mucho más completo y enfatizado a la reducción casi absoluta de los aspectos e impactos ambientales generados allí.

El estudio se desarrolla con base en una comparación del estiércol de los cerdos, el ganado vacuno, las vacas lecheras y el sector avícola, estableciendo una valorización tanto porcentual como en toneladas de su generación en China, donde se define cual tiene mayor participación en los impactos que genera por sí mismo. Partiendo de estos datos, se realiza una ponderación de los agentes contaminantes que van por cada uno de estos estiércoles, teniendo un énfasis en los óxidos de amonio generados, fosforo total y nitrógeno total, posteriormente de este análisis, se hace una valorización de que residuo tiene mayor potencial de ser convertido en un subproducto, que a través de procesos de compostaje y similares, se puede hacer la depuración de sus contaminantes y es allí, donde la pollinaza y gallinaza proveniente del pollo de engorde encuentra su ventaja, frente a los demás animales expuestos anteriormente. Según Yi Qian (2018) y su grupo de investigadores, el sector avícola tiene claras ventajas para el aprovechamiento de este estiércol como abono para la venta y aplicación en terrenos, proliferando así la fertilización de estos favoreciendo el sector agrícola de China, convirtiendo este impacto negativo en uno positivo.

4.4.Evaluación del Impacto Ambiental

Según el análisis desarrollado Tobar A. (2015), en su análisis productivo de pollo de engorde, la vacunación hace parte del sistema de producción de aves de corral para consumo humano y es de allí donde se hacen constantes aplicaciones a lo largo de la vida de cada ave para prevenir pérdidas económicas que se originan por agentes infecciosos.

En un estudio desarrollado por Franzo y su grupo de investigación (2020) de la Universidad de Padua en Italia, realizaron la valoración del impacto del programa de vacunación que se tiene en 169 plantas de incubación de 11 países europeos a lo largo de 4 años, se establecieron una serie de auditorías donde se recolectaron datos y se establecieron modelos estadísticos que mostraran y ponderaran los puntos críticos y de mejora para cada planta garantizando a través de una serie de buenas prácticas la mejora del proceso en un nivel multidireccional.

A continuación, tenemos un factor clave que fueron visitas sucesivas en un lapso de 4 años, que dicho tiempo reflejó en cada recolección de datos una serie de mejoras, refiriendo así un punto final muy elevado en aspectos multilaterales en relación con la primera visita.

Un punto que se debe tener en cuenta es que al visitar diferentes países las condiciones tanto ambientales como sociales, con llevan a tener diferentes aristas en un marco de variables como el clima, la altura y la humedad, que hacen que las vacunas y sus reacciones sean diferentes en cada ave y país. Tomando como referencia la demanda de la sociedad de cada país frente a este producto alimenticio plantea sistemas de regulación dinámicos y de diferente comprensión (Franzo, G. 2020). Todo lo anterior es de buen

soporte para relacionarlo tanto con los criterios de exigencia y control, por parte del gobierno y sus entidades reguladoras como las diferentes variables que puede presentar el campo avícola a lo largo del territorio nacional, ya que influencias como la altura y el clima donde se encuentra ubicada la granja nos puede generar gran variación en las diferentes características con las cuales funciona una granja.

4.5. Análisis de ciclo de vida de granjas avícolas

Bajo la investigación ejercida en la ISO 14040 (2006), se busca establecer un diseño ecoeficiente para la producción de huevos en una granja semi-tecnificada, ya que de esta manera se impulsará la modernización básica de granjas que aun tengan sus procesos en un entorno rudimentario, pero a su vez encuentren puntos de mejora ambientalmente sostenibles. Se debe tener claro que este modelo tiene sus bases y se debe moldear dependiendo de los factores que tenga la organización avícola. Para ello se aplican metodologías como la de evaluación de ciclo de vida de puerta a puerta, es decir hasta que el huevo o el ave es reincorporado al proceso productivo como concentrado u otro derivado y mapeo de flujo de valor.

Según Estrada-González, I. E. (2020) a través de su investigación, que durante la evaluación de ciclo de vida se determinó que la huella de carbono generada por huevo es el aspecto de mayor peso en este ámbito siendo de 5,58 kgCO₂eq/kg, estableciendo y aplicando un esquema ambientalmente sostenible nos podría representar una disminución de 49,5% y 56,3% en impactos ambientales a nivel general, todo esto siendo un conjunto de buenas prácticas que se deben mantener y monitorear constantemente.

Para los dos indicadores de huella de carbono, también se analizaron y aplicaron daños ambientales que eran muy ajenos al proceso pero que aun así de una u otra manera se tenía participación en ellos (Estrada-González, *et al.* 2020). Estas evaluaciones para Colombia pueden ser apoyada y certificada por la NTC ISO 14040, donde da una mayor explicación y un breve abrebocas de cómo realizar esto en una organización independiente de su actividad productiva.

La incursión de las organizaciones en mercados verdes representa un acaparamiento de un mercado culto y que demuestra mayor preocupación desde el consumidor hacia el productor, esto se vio reflejado en una creciente tendencia en países europeos como Italia tras el aumento en la demanda de los consumidores de huevos orgánicos y ecológicos de la cual habla Estrada-González, *et al.* (2020) en su documento, donde desarrolla una Evaluación del ciclo de vida en una granja de la zona norte del país, tomando como muestra 1 Kg de huevos.

Durante este análisis se segregaron los datos obtenidos en datos primarios, secundarios y terciarios donde cada uno de estos fue evaluado las diferentes categorías de impacto que se tienen en el país a través del método de ILCD (*International Reference Life Cycle Data System* o el Sistema de Información Internacional de Referencia del Ciclo de Vida). La principal carga ambiental para la producción de huevos orgánicos resultó ser el suministro de alimentos con una participación que oscila entre el 49% y el 87% respecto a las demás categorías de impacto evaluadas, siendo el porcentaje restante asociado a las emisiones por los desechos fecales de las aves.

Una gran ventaja de este proceso es la omisión en el uso de fertilizantes minerales y de las emisiones relacionadas con el uso de estos mismos (Costantini, M. 2020). A pesar de dichos estudios esta aplicación en el país no se vería claramente apoyada ya que es obvio que la generación de estos huevos demanda un mayor costo en varios aspectos del proceso productivo y por lo tanto el consumidor deberá pagar mucho más por ello. No obstante, se puede plantear una pequeña iniciativa que impulse de manera minuciosa dicho mercado y de esta manera se vaya impulsando poco a poco no solo generando beneficios ambientales si no también una concientización que domine poco a poco la población del país.

4.6. Gestión de Residuos

La generación de mortalidad de aves en galpón de engorde genera un riesgo para el ecosistema, a pesar de que esto se da de forma natural y muy selectivamente por galpón, no obstante, a través de procesos acordes esto se convierte de un residuo a un subproducto de comercialización o aprovechamiento por terceros.

Esta mortalidad es tratada como un compost en una serie de cajones aislados y con medidas de cuidado y protección frente a vectores y riesgos naturales que puedan generar su desestabilidad y posteriormente recaiga en un impacto severo en el medio ambiente.

La investigadora Maccari y su grupo (2020) propusieron evaluar dos ambientes, el primero una cama de aves compostada y el segundo sin compostar, con esto determinar la supervivencia de los *Colembolos* (*Falsomia candida*), el cual es un artrópodo hexápodo cercano a los insectos, esto sirviendo de indicador de cómo el proceso de compost beneficia o perjudica a la proliferación de la vida en diferentes escalas.

Para ello se utilizaron varias de camas de los galpones de las aves de engorde, compostadas y no compostadas sobre entisoles, en dosis desde 0 hasta 100 toneladas por hectárea para prueba de letalidad y para prueba de reproducción, de 0 a 60 toneladas por hectárea. Los resultados fueron contundentes ya que la cama compostada arrojó un valor de LC50 (Concentración letal) de 76,45 t/ha, siendo esto según las tablas de clasificación, moderadamente tóxico y para la cama no compostada el valor de LC50 fue de 43,12 t/ha, teniendo un indicador de altamente tóxico.

Como conclusión se resaltó la importancia de realizar un tratamiento de compostaje a dicha mortalidad ya que esto garantiza que la materia orgánica se estabilice y se reduzcan agentes que dan como resultados una serie de impactos ambientales y consecuencias medidas en los diferentes recursos a los cuales se encuentra conectada la granja (agua, suelo, aire, etc.).

5. Objetivos

5.1.Objetivo General

Proponer soluciones a los aspectos e impactos ambientales que se generan por el proceso de pollo de engorde dentro del sector avícola colombiano.

5.2.Objetivos Específicos

- Revisar la bibliografía sobre el desarrollo tecnológico y organizacional que ha tenido el sector avícola a nivel nacional e internacional.
- Analizar modelos estadísticos que permitan determinar a través de la matriz de Leopold o la matriz de Vicente Conesa los aspectos e impactos ambientales más representativos del sector.
- Presentar resultados de casos de éxito reales tanto nacionales como internacionales, que respalden la efectividad de las acciones de control y mitigación de aspectos e impactos ambientales.

6. Metodología

6.1. Análisis bibliográfico nacional e internacional

Para obtener un entendimiento claro y actual de la situación del pollo de engorde en el mundo y a qué nivel se encuentran sus aspectos e impactos ambientales, se realizó una búsqueda en bases de datos Google Scholar, ScienceDirect y repositorios de diversas universidades de índole hispanohablante, tomando como referencia trabajos de grado, pregrados, especializaciones y maestrías. Para la búsqueda se definieron las siguientes palabras clave en inglés como criterio:

poultry, environmental, impacts, aspects, wastewater, waste, control, matrix, lifecycle, environmental impact assessment, livestock,

Para la obtención bibliográfica de resultados en español se utilizaron palabras como:

contaminación, avícola, aves de corral, aspectos e impactos ambientales, contaminación hídrica, emisiones, residuos sólidos, residuos peligrosos, pollo de engorde, evaluación de impactos ambientales.

Para cada base de datos se estableció un periodo comprendido entre los años 2015 y 2020, buscando representar tecnologías, medidas de control de aspectos e impactos ambientales con buenos resultados y de mayor índice de derivación en las competencias económicas y ambientales de actualidad.

De igual manera también se recurrió a la guía para el subsector avícola (FENAVI 2014), el cual es un documento elaborado por La Federación nacional de avicultores de Colombia y el Ministerio de ambiente, donde se aclara una serie de parámetros base y de entendimiento avanzado, de igual manera dan el paso a paso en los ámbitos de

contaminación del agua, suelo y aire, dejando claro los contaminantes que generan directamente cada uno de estos factores.

Teniendo esta información se determinaron los criterios base para la selección de los documentos:

- Actualidad del documento: En este criterio se tuvo en cuenta, que el artículo o trabajo estuviera en el rango de fechas de los años 2015 a 2020, para de esta manera asegurar su alineación tanto práctica como tecnológica, con las actividades avícolas de hoy en día.
- Afectación sobre el impacto ambiental a tratar: A través de esto se analizó si la solución propuesta en los artículos leídos, si presenta una relevancia en la disminución de los impactos significativos que genera el pollo de engorde, garantizando su viabilidad en la implementación.

Se revisaron los criterios comparados entre la información de países del primer mundo, ya que información muy avanzada y que para consideración tendría una baja aplicabilidad en las organizaciones avícolas de Colombia, ya sean por factores económicos o por los simples avances tecnológicos y estructurales que se deben tener para poder ser ejecutados. Por otra parte, los artículos que si se consideraron y que fueron de gran apoyo para el desarrollo esta monografía giraba en torno a tecnologías dinámicas, que puedan hacer uso para su funcionamiento de subproductos que se generen en diversos procesos del pollo de engorde.

6.2. Solicitud de información a empresa gestora

Se realizó un contacto directamente con la organización ambiental, Colecta S.A.S., la cual basa su actividad productiva en la operación de planes posconsumo de plaguicidas y medicamentos veterinarios. Este contacto se realizó de manera virtual, haciendo solicitud de información específica sobre el manejo que desarrollan ellos en torno a los residuos peligrosos que generan las organizaciones avícolas en el país, tales como pesticidas para el control de vectores en la granja y residuos de vacunas que se les aplica a las aves.

Esta documentación suministrada por la empresa presentó una restricción de manejo de información, la cual gira en torno a que solo debe ser usada para referencias monográficas, según el coordinador de operación de Colecta Gestión Ambiental S.A.S. (2020). Esta información sirvió de soporte bibliográfico y para la transmisión del conocimiento sobre el manejo de residuos peligrosos a través esta monografía, siendo una de las opciones que a consideración actualmente es la más viable, en la relación de costo beneficio, para las organizaciones y profesionales que laboren en el sector avícola del país.

6.3. Comparación de matrices de evaluación de impacto ambiental

La comparación de las matrices de evaluación de impacto ambiental se realizó teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Capacidad de los ítems de cada matriz de valorar cada impacto de una serie de multi direccionamientos dirigidos a los factores de aire, agua y suelo.
- La valoración que se le da a cada ítem en una escala determinada, con valores resultantes que permitan tomar decisiones, que permitan el desarrollo de actividades que minimicen impactos específicos.

- La facilidad de entendimiento al ser comunicada a diferentes trabajadores de la organización con la cual se le esté dando aplicación a las matrices de Leopold o Conesa.

Con estos estándares de comparación se pudo determinar cuál es la matriz de evaluación de impacto ambiental, que brinda los mejores resultados y que debe ser usada previamente a la ejecución de planes y proyectos de minimización de aspectos e impactos ambientales.

También a través de esta comparación se busca establecer cual, de las dos matrices es la que mejor se acopla a un estudio medio ambiental de evaluación de impactos significativos y a los cuales se les deba desarrollar una serie de buenas prácticas que reduzcan este valor, los valores de la comparación serán interpretados en una respuesta de cual deba ser aplicada por un profesional ambiental del sector avícola, según los criterios.

6.4.Determinación de impactos ambientales del sector avícola

Para determinar los impactos ambientales, estandarizados en el sector avícola del mundo, se tuvo en cuenta como cada artículo revisado hacia un énfasis en la problemática que se desenvolvía, las cuales están dirigidas a los entornos de agua, suelo y aire, considerando como estos factores eran impactos ambientales a los que se les buscaba una solución a través de buenas prácticas ambientales. Con base en este análisis se seleccionaron los impactos ambientales a los cuales se les busco las soluciones óptimas para su manejo y control, los cuales eran la generación de residuos orgánicos, peligrosos y la generación de vertimientos de las granjas avícolas de pollo de engorde.

Igualmente se tuvo como apoyo la Guía ambiental para el subsector avícola (FENAVI 2014), ya que abarca cada uno de los impactos ambientales que se generan en las granjas de pollo de engorde de Colombia.

6.5.Determinación de medidas de control de impactos ambientales

6.5.1. Búsqueda de acciones de control para manejar residuos orgánicos

Para encontrar las medidas de control más acordes sobre el manejo de estos residuos, se tuvieron en cuenta factores como la procedencia de dicho contaminante, ya que se buscó que los resultados tuvieran énfasis en procesos biológicos y de tratamiento interno en la granja, aprovechando las condiciones ambientales que favorezcan la degradación de contaminantes y potencialicen este residuo orgánico a una conversión como compostaje, para permitir su incorporación a los sectores productivos agropecuarios como abono orgánico.

Para poder lograr este punto, en la búsqueda bibliográfica se tuvo como criterio medidas de baja demanda económica y de alta eficacia en términos de minimización de contaminantes de la pollinaza, gallinaza y mortalidad que son todos los residuos orgánicos que provienen de las granjas del sector avícola del país.

6.5.2. Presentación de acciones de control para el manejo de residuos peligrosos

A partir de la experiencia personal y profesional que se ha tenido en el sector avícola y con el manejo de residuos peligrosos, se tuvo como base la normatividad ambiental legal vigente que tiene un énfasis en el manejo de este aspecto ambiental a través del Decreto 4741 de 2005.

6.5.3. Selección de medidas de control para el control de vertimientos

Para la elección de las medidas de control de la generación de vertimientos por parte de las granjas de pollo de engorde del país, se tuvieron en cuenta los siguientes ítems:

- **Economía:** Este factor se enfatizó hacia el valor de implementación ya sea de plantas de tratamiento generalizadas, para el tratamiento de aguas residuales en granjas de pollo de engorde u operaciones unitarias que garanticen los estándares de vertimiento a efluentes hídricos, pero que a conocimiento se sabe que su implementación es de alto costo, no obstante, se deja estipulado por las organizaciones grandes y que cuentan con el capital y disposición para la implementación.
- **Innovación y aprovechamiento de insumos del proceso:** A través de este ítem, se buscaron y se filtraron artículos que pudieran hacer uso de materias primas con las cuales se pudieran hacer medidas de controles físicos o químicos a la generación de vertimientos de las granjas, pero que a su vez tuvieran un impacto positivo en los resultados, esto con el fin de generar afectaciones indirectas de manera efectiva en la generación de residuos o cualquier otro residuo que se genere en el proceso de pollo de engorde, pudiendo ser recirculado a procesos de control y manejo de vertimientos.
- **Proyección a futuro:** Por último, este ítem se enfatizó hacía que las medidas de control que se vayan a presentar no tengan una deficiencia tecnológica a corto plazo, es decir, que se encuentren alineadas a las tecnologías más recientes en investigación y se puedan acoplar a procesos de mejora futuros, o que puedan ser

optimizados para poder conseguir resultados satisfactorios que cumplan los objetivos deseados para cada organización.

7. Resultados y discusión

7.1. Resultados la investigación y análisis bibliográfico nacional e internacional

Durante la consulta bibliográfica se obtuvieron resultados bastantes dinámicos relacionando las ideas ambientales que se tienen en países industrializados con los países en desarrollo, esto se da por factores culturales o, como muchas veces se aprecia, por exigencias normativas mucho más estrictas y de mayor cumplimiento, según se interpreta en el artículo de Di María F. y Sisani F. (2019), países como Italia, China, Estados Unidos, entre otros tienen una mayor exigencia en la disposición de vertimientos, que ya sea que van a un sistema de alcantarillado formalizado, que en su mayoría de veces es así, o que se viertan directamente a fuentes hídricas. En ambos casos, durante la implementación de medidas de control, se desprecia el valor económico que cuesta al implementar las medidas de control y mitigación propuestas en los artículos revisados del primer mundo, como lo son de Europa y China, si no que prima ante todo el cumplimiento normativo y la preservación de los recursos naturales, ya que se entiende que así mismo será la continuidad de una estabilidad entre el ser humano junto con sus actividades y el entorno en el que se desarrolla según el artículo de De Graaf (2017).

También se debe resaltar que en países europeos y de oriente, la aplicación de las tecnologías tiene un mayor énfasis hacia la automatización y la creación de centros de mando según Marie Luise Blue (2017), que recolecten información de la descarga de contaminantes en los términos de emisiones, residuos y vertimientos, ahorrando tiempo y dinero en gastos de viáticos y transporte de personal. De igual manera la simulación de las decisiones que se tomen, antes de ser ejecutadas en un plano real, permite reducir la

probabilidad de riesgo de error en las actividades que se planteen, para la reducción de aspectos e impactos ambientales.

En el gráfico 4 se evidencia la cantidad de artículos revisados y cuantos de estos fueron seleccionados para esta investigación monográfica, acerca de las medidas de control y mitigación más acordes para el pollo de engorde del sector avícola de Colombia. La cantidad de artículos revisados fueron un total de 67, estos son provenientes de países de Europa, Asia, África y América.

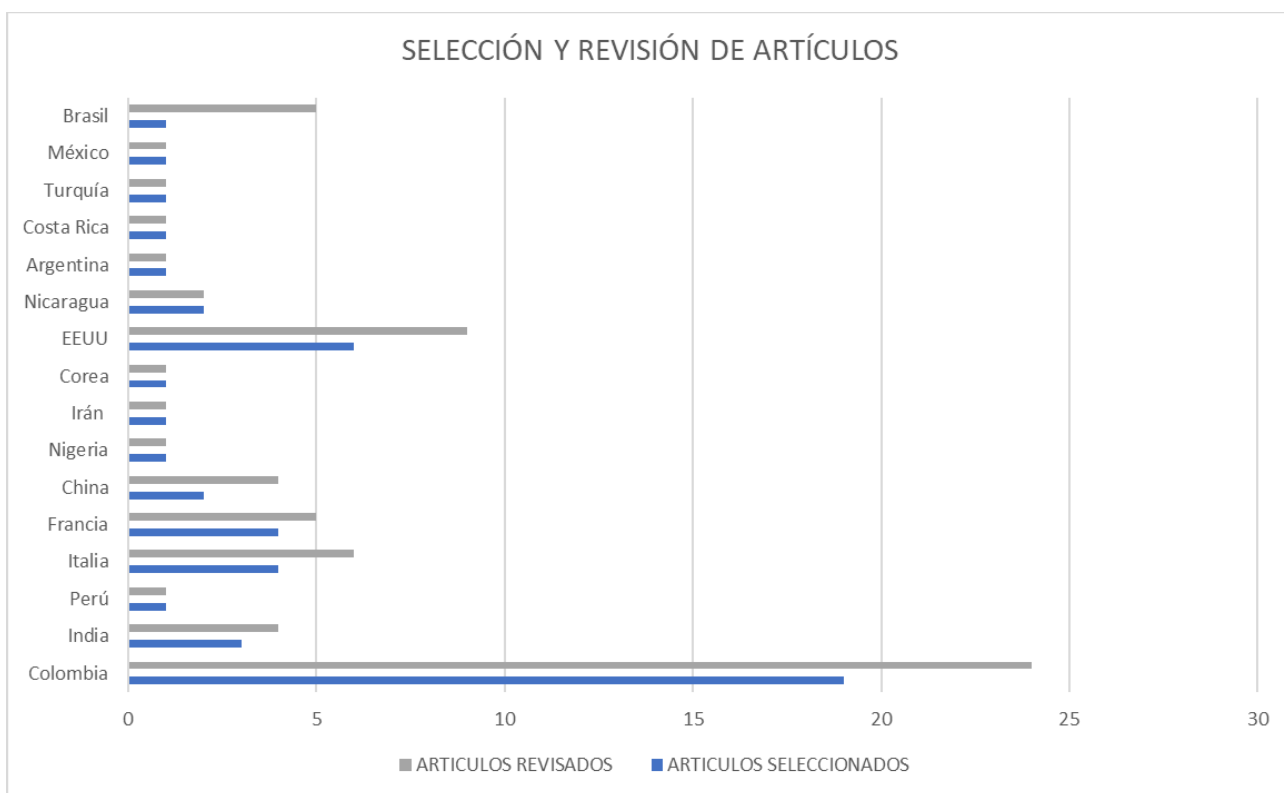


Gráfico 5. *Cantidad de artículos revisados y seleccionados por país.*

Fuente: Autor (2020).

A través de esta revisión bibliográfica, se ve que en países latinoamericanos se tiene un mejor pensamiento para el desarrollo de actividades prácticas y que no involucren altas tecnologías, esto se denotó mediante una serie de 49 artículos, los cuales están comprendidos entre los años 2015 a 2020, enfatizados en un impacto ambiental específico del sector avícola, es decir, ninguno de estos artículos presenta soluciones multidimensionales, ya que priorizan el factor aire, suelo, agua u otro ítem ambiental que se quiera mejorar o solucionar.

Como se presenta en esta monografía, se cuenta con artículos que brindan soluciones al manejo de residuos orgánicos como lo hace M.K. Ramesh (*et al.* 2020) en su artículo proponiendo una especie de lombriz que brinda estabilización y elimina agentes contaminantes de la pollinaza y gallianza. También se evidencia, a través del artículo de Chiramba (2019), una técnica para usar las plumas que provienen de las plantas de sacrificio de aves, para la generación de carbón activado y que sea aplicado como medio filtrante en los vertimientos de cada granja de engorde; también se hace una presentación más sofisticada en términos de medidas de control como lo hace Tamer C. (2015) en su documento, ya que, explica el tratamiento de vertimientos a través de membranas filtrantes, que brindan excelentes resultados pero que su costo de operación es elevado. Todas estas medidas de control deben ser analizadas y manipuladas por un agente profesional que aplicara alguna actividad para su intervención o mitigación (Carrillo J. 2019).

Por medio de los 19 artículos seleccionados de Colombia se puede denotar en el país tiene una estructura gubernamental y sectorizada, representada por FENAVI, ya que en la mayoría de dichos documentos sus autores mencionan constantemente este fondo

nacional, en soporte y respaldo de actividades como asesorías y acompañamientos en los diferentes ámbitos ambientales, esto con un grupo de profesionales del área, ya que a través de la revisión bibliográfica. Como se presenta en la guía para el subsector avícola (FENAVI 2014), la integración de casos de éxito a lo largo del país permite una integración profesional de los expertos ambientales de cada empresa avícola del país, compartiendo cada uno sus ideas o actividades que permitieron el manejo y control de aspectos e impactos ambientales.

Los artículos que no fueron acordes para la investigación, (Gráfico 5) se descartaron debido a que la información que presentaban: los artículos de los países pertenecientes a Europa, Asia y Norte América, contaban con medidas y sistemas de control de impactos ambientales muy avanzadas que demandaban un capital muy alto para una organización grande o requerían unos pre tratamiento o unos sistemas de control base, para poder dar paso a las actividades propuestas en dichos artículos; por otro lado los artículos que se descartaron que provenían de países latinoamericanos, fueron por razones enfatizadas a los procesos que se tenían entorno al pollo de engorde, ya que eran muy obsoletos en cuanto a los que se tienen ya en Colombia, tales como el manejo de residuos, manejo de vertimientos, entre otros.

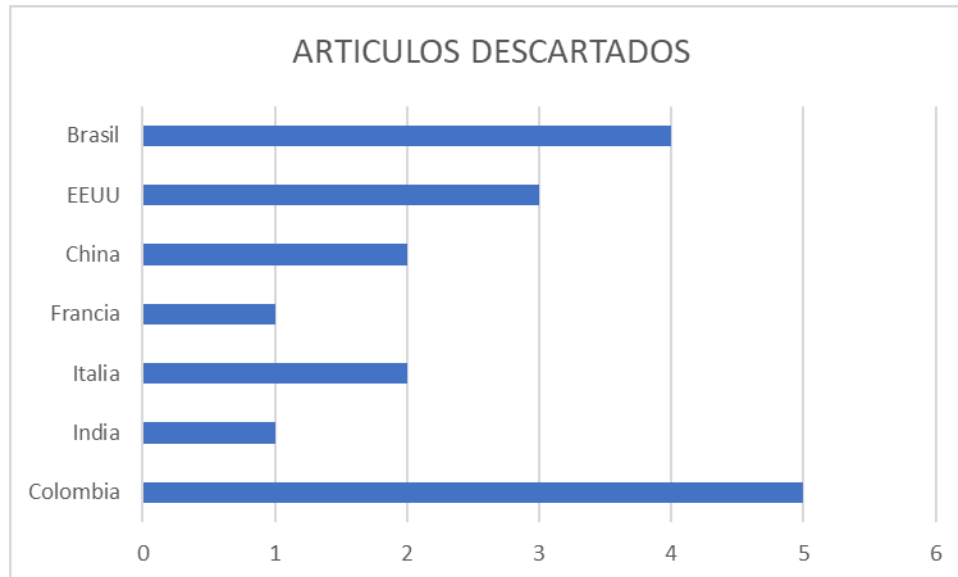


Gráfico 5. *Artículos no seleccionados para la investigación.*

Fuente: Autor (2020).

No obstante, este descarte no se hizo por completo, ya que de sus referencias bibliográficas se obtuvo información que soportara próximas investigaciones o que pudiera facilitar la indagación de nuevas medidas de control de aspectos e impactos ambientales. También se tuvieron en consideración ejercicios que se realizaron en los artículos como la toma de muestras de un factor ambiental específico, debido a que esto dio una un entendimiento de que actividades actuales se usaban en el sector avícola para poder desarrollar los estudios y aplicaciones, que atacan directamente los impactos ambientales en el suelo, aire y agua.

7.2. Resultado de la búsqueda de medidas de control de residuos orgánicos

Como se menciona en la metodología, la opción más viable del manejo de la generación de los residuos orgánicos se logra a través de los procesos de compostaje de la gallinaza y la pollinaza, para la estabilización y la remoción de los agentes contaminantes,

que pueden perjudicar dicha composta para su comercio como abono según Delgado M. *et al.* (2019).

Así, con apoyo de la investigación realizada por M.K. Ramesh (et al. 2020), se aconseja el uso de lombrices para degradar la gallinaza y pollinaza de las camas de los galpones de las aves. De las especies presentadas en este artículo se considera de gran recomendación la aplicación de la lombriz *E. eugeniae*, debido a que las concentraciones de desechos de las aves representan un claro potencial para la proliferación de esta especie.

También lo que se busca a través de este método de control, es que la generación de un abono, obtenido a través del compostaje de la gallinaza y pollinaza haciendo uso de la lombriz *E. eugeniae*, la cual a través de la ingesta de elementos contaminantes presentes en los residuos orgánicos provenientes de las granjas de engorde, permiten una estabilización de este remanente, convirtiéndolo en un potencial fertilizante que puede ser comercializado en el sector agrícola, transformando este impacto negativo en uno positivo, esto según lo expone Fúquene M. y Yate V. (2017) en su artículo.

Las medidas de control presentadas en términos de manejo de residuos orgánicos tienden a ser bastante dispendiosas, ya que actividades como el monitoreo del compostaje es parte clave para el éxito de su generación como abono, para posteriormente ser reincorporado al sector avícola, como un abono. Este residuo orgánico expone una clara ventaja para el sector avícola, debido a que el volumen generado por granja es considerable, lo que representa un potencial de participación en el mercado de abonos del sector agrícola del país. Cabe aclarar que este abono generado a partir de los procesos de compostaje está sujeto a los criterios establecidos en la norma técnica colombiana: NTC 5167/INCONTEC,

la cual es encargada de regir los estándares y condiciones para el mercado de abonos y fertilizantes y las resoluciones ICA 150 de 2003 y 0968 de 2010. En ellas se evidencia la importancia de una estabilización de la gallinaza y pollinaza a través del compostaje, como lo propuesto por M.K. Ramesh (2020), arrojando un rendimiento de la lombriz *E. eugeniae*, de alta eficiencia de biodegradación de los desechos de las aves de corral, teniendo una mortalidad moderada frente a estas excretas, pero un buen rendimiento de degradación de macro y micronutrientes como lo son: magnesio total, nitrógeno total, fósforo total, potasio total, calcio total, entre otros. No obstante, se debe tener un control de la dosis de heces fecales que se le brindan a la lombriz, ya que según M.K. Ramesh (2020), puede afectar vitalidad evitando su proliferación.

7.3. Resultado de la búsqueda de medidas de control residuos peligrosos

Como se describió en la metodología, para poder desarrollar esta sección se solicitó soporte bibliográfico a una empresa gestora que para este caso es Colecta Gestión Ambiental S.A.S. (2020), ellos en su documento suministrado hablan del planes posconsumo, el cual consiste en la gestión de plaguicidas y medicamentos veterinarios generados en las granjas avícolas del país, logrando la devolución de envases y empaques de dichos productos bajo una serie de estándares ambientales y sanitarios vigilados y controlados, para mitigar y controlar los impactos ambientales perjudiciales que estos generan. La empresa Colecta presenta las siguientes medidas para poder desarrollar dicha gestión:

- **Sensibilización y capacitación:** se realizan jornadas de comunicación con el personal que tenga interacción con los residuos peligrosos, para que en el momento

de realizar la entrega cumplan con los criterios de la organización. Un ejemplo lo podemos ver en la imagen 2, donde en una granja avícola se realiza la segregación de los componentes de vacunas, como lo es el aluminio de los sellos de seguridad, tapones de gomas y frascos de vidrio.



Imagen 3. Almacenamiento segregado de componentes de residuos de vacunas. Fuente autor.

- Uso seguro de plaguicidas y triple lavado: A través de este ítem, se busca que los agricultores, productores y todos los involucrados en la cadena que tengan contacto o manipulación de plaguicidas, incrementen su conocimiento sobre el tipo de producto que se manipula y desarrolle un hábito de ejecutar el triple lavado previo a la entrega del residuo.
- Recolección: La recolección de estos residuos se puede desarrollar a domicilio a las granjas, acoplándose a la necesidad de cada cual.

- Disposición final o aprovechamiento: En esta sección Colecta (2020), realiza dicha disposición en instalaciones de gestores avalados por la autoridad ambiental competente, Ya que un porcentaje de envases plásticos recogidos, son destinados a la Planta de Aprovechamiento, donde se realiza su debido manejo. De igual manera sucede con los plaguicidas y residuos hospitalarios, los cuales su gestión corre a cargo del proveedor principal, el cual es el fabricante de este producto que fue adquirido y usado por la empresa avícola, para poder desarrollar su proceso productivo que para este caso es el pollo de engorde, a esto se le denomina responsabilidad compartida.

Como se puede apreciar, la gestión que se presentó con la empresa Colecta parece ser oportuna e ideal en términos de responsabilidad, ya que los residuos peligrosos provenientes de los procesos de vacunación, procesos de desinfección de galpones, agentes que ingresan a la granja y pesticidas, reciben su debida disposición final, no obstante, es importante hacer seguimiento de la gestión que haga esta organización a través de su plan posconsumo. Esto se logra con una responsabilidad propia de la organización al solicitar certificados de disposición, como menciona Colecta (2020), en su documento.

7.4.Resultados de las estrategias de control de vertimientos

En el artículo de investigación de Chiramba (2019) se promueve la generación de carbón activado a partir de las plumas provenientes de las plantas de sacrificio de las aves de engorde, esto se logra a través de la combustión de esta biomasa a temperaturas que oscilan entre los 350 y los 600°C con la ausencia del oxígeno. La obtención de este agente filtrante de aguas residuales tiene un rendimiento del 44% del peso total de las plumas que

ingresan a la pirolisis, tomando esto como base podemos definir que es de gran rentabilidad la aplicación de la pirolisis en las plumas de las aves, que funcionan como biomasa dando la generación del carbón activado y que, partiendo de esto y considerando el gran volumen de aves que genera una empresa avícola, se podría garantizar un suministro constante de carbón activado a las granjas que sean propiedad de la empresa. No obstante, como presenta Bo Zhang *et al.* (2018) la pirolisis en las granjas debe tratarse con sumo cuidado debido a que los procesos de combustión de la biomasa generan gases de efecto de invernadero como óxidos de carbono, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno, entre otros, esto dependiendo de que combustible se use para este proceso, generando un nuevo impacto ambiental que deba ser evaluado y controlado.

También a través del programa propuesto por Morales J. (2016), se respalda la economía que acarrea la implementación del carbón activado en plantas de tratamiento de aguas residuales de las granjas avícolas, junto con su bajo costo de operación a corto y largo plazo. Esto puede definirse como la opción más viable para cualquier organización ya sea pequeña o grande que busque una medida de control de vertimientos a efluentes de las granjas que se posea.

Según Tamer C. (2015) y su grupo técnico de trabajo, las eficiencias de eliminación de DQO en el tratamiento de vertimientos de aguas residuales provenientes de granjas de engorde, fueron de 90% para nanofiltración y del 97, 4% para osmosis inversa.

Por otro lado, las conductividades obtuvieron una disminución del 51,7% para nanofiltración y 96,6% para osmosis inversa, no obstante ultrafiltración tuvo buenos índices de remoción, pero a largo plazo incrementando sus valores de operación.

Podemos concluir la clara eficiencia que presentan estos sistemas de tratamiento respecto al tratamiento por carbón activado que fue otra medida propuesta en la metodología para el control de los vertimientos, no obstante, como expone Meiramkulova, K. *et al.*(2020), estos métodos de filtración al ser tan avanzados presentan altos costos, tanto de implementación como de operación para un sistema de tratamiento, siendo de suma importancia, que las organizaciones o profesionales que lo deseen implementar en este sector productivo, deben realizar un buen balance de costos para el mantenimiento y duración de estas operaciones unitarias y de tratamiento de aguas residuales del sector avícola.

7.5.Viabilidad de la matriz Vicente Conesa como matriz competente para la valoración de impactos ambientales del sector avícola

La comparación de las dos matrices se presenta en la Tabla 3, donde se tuvieron como criterios: a) entorno a la manejabilidad de estas herramientas, b) su dimensionamiento a medida que es alimentada con información, c) presentación de resultados, d) capacidad de entendimiento por diferentes profesionales, e) continuidad de cada matriz a futuro.

Tabla 3. *Tabla comparativa de ítems de matrices de evaluación de impacto ambiental.*

Ítem	Matriz Vicente Conesa	Matriz de Leopold
Manejabilidad	Presenta un mejor manejo al momento de evaluar bajas y grandes cantidades de impactos ambientales, debido al direccionamiento	Tiene un buen rendimiento al manejar información puntual de cada impacto ambiental, sin embargo, cuando se almacena mucha

	de valores que se le da en cada criterio de la matriz.	información en ella, se torna inmanejable y en ocasiones información susceptible a estudio tiende a perderse, debido a su nivel de extensión en torno a actividades.
Suministro de información	de La información sigue siendo manejable en grandes cantidades debido a su seccionamiento por cada impacto ambiental, ya sea enfatizado a agua, aire, suelo o dependiendo el sector que este generando dicha afectación ambiental.	Al momento de alimentar la matriz, cuenta con un manejo muy abierto sin establecer límites de llenado, abarcando en algunos casos limites muy extensos de un impacto ambiental, que probablemente no necesiten de atención.
Capacidad de entendimiento	de Con la descripción establecida por Conesa (1993), en su guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental, demuestra que al ser transmitida a otras personas que no tengan un conocimiento amplio del tema, les basta solo con leer este documento para poder entender una matriz	El entendimiento de esta matriz es difuso y complejo para personas que no la dominen ampliamente, ya que no tiene fundamentos claros y estipulados por su desarrollador, siendo punto clave de desorientación al momento de ser revisada o visualizada por cualquier otro agente que no sea el que la haya diligenciado.

	Vicente Conesa ya diligenciada.	
Resultados	Los resultados son precisos y claros, debido a que se tienen predefinidos valores de evaluación para cada ítem de la matriz, por lo tanto, se tiene un espectro para la definición de si un impacto es de alto, medio o bajo nivel.	Cuando la matriz es muy extensa, puede que en algunas ocasiones se desprecien algunos valores, llegando a reformularla o a realizar reevaluaciones innecesarias después de ejecutar actividades de control de impactos ambientales.
Continuidad	La matriz después de ser ejecutada junto con sus actividades requerirá de una serie de reevaluaciones hasta que se consiga minimizar todos los impactos significativos, no obstante, con el paso del tiempo se reducirá el dimensionamiento hasta cierto punto.	Con el paso del tiempo puede que la matriz se reduzca o que, se mantenga debido a que la oscilación de los valores de esta no disminuya tanto debido a su rango tan alto de valoración, presentando una índice lentitud de avance con las actividades propuestas.

Fuente: Autor (2020).

Con base en la comparación hecha entre la matriz de Vicente Conesa y la matriz de Leopold, presentado en la tabla 4, se puede concluir que es mucho mejor y de mayor factibilidad hacer uso de la matriz de Vicente Conesa, ya que como expone R.M. Darbra (2005), Leopold trae una serie de dificultades que perjudican su manejo en torno a sus

ítems, por lo que su valorización, al tener un espectro tan grande de variabilidad el resultado puede no ser muy concreto y al momento de ejecutar actividades para atacar los impactos ambientales, se dispersan las ideas y puede que las actividades se ejecuten de una manera inconclusa.

Por otro lado, como lo expone Figueiredo, R. T. (*et al.* 2020), los ítems en la matriz de Leopold no tienen ningún criterio de evaluación y prácticamente se deja al libre albedrío de la persona encargada colocar el valor en cada casilla, por lo tanto, cuando pase a manos de otra persona, es muy posible que divague y se cuestione una y otra vez del por qué fueron colocados los números de x o y manera, ya que según los conocimientos que se tengan presentará un criterio completamente diferente.

Un claro ejemplo lo podemos apreciar por parte de Rebecca Bowd *et al.* (2015), tuvieron un énfasis en la evaluación de impacto ambiental considerando varios modelos para Sudáfrica, entre ellos la matriz de Leopold, donde según ella, durante la aplicación de dicha matriz se obtuvieron 100 columnas donde representaban diferentes actividades para el manejo de diversos componentes ambientales. Este siendo una muestra de cómo una matriz se vuelve incontrolable y los resultados tienden a ser tan diversos que la toma de decisiones es muy tediosa para un profesional o un grupo de profesionales.

Según R.M. Darbra (2005), existen las siguientes limitaciones de este método:

La matriz de Leopold puede ser inmanejable a medida que aumente su tamaño, esto debido a la acumulación de diferentes actividades o aspectos ambientales a evaluar, lo que probablemente nos dé como resultado una serie de aspectos significativos, dejando a consideración de un profesional cuales actividades deben ser ejecutadas primero,

perjudicando el tiempo de otras actividades que tal vez se pueda despreciar pero que a su vez requieran una atención pronta debido a sus condiciones específicas.

- El aumento de la disposición para dar una puntuación a los aspectos que puedan dar resultado a múltiples actividades.
- Al tener un método de evaluación en escala de 1 a 10, este está basado en la percepción del evaluador, a lo que equivale una percepción subjetiva, dándonos como resultado una amplia variedad de puntajes dependiendo del experto evaluador que califique la matriz.
- En dado caso que la matriz sea reevaluada por otro experto, este no podrá tener un conocimiento o entendimiento claro del porqué de cada punto evaluado, esto dejará muchas incógnitas y tal vez conflictos que generen discrepancias.

Por otro lado contamos con la Matriz de Vicente Conesa, la cual según Giraldo Zuluaga y Tusarma Rendon (2019), presenta una mejor consistencia para la medición de factores pertinentes a los impactos ambientales, como la persistencia y efectos que genere una granja de pollo de engorde, estableciendo un punto de inicio para implementar medidas de control y prevención de los cambios que pueda representar un impacto ambiental ya sea positivo o negativo para el entorno donde se desee evaluar.

También se tiene un respaldo en el documento Orjuela (2014), que es una propuesta del plan de manejo ambiental para una avícola; como selección de metodología hace uso de la matriz Vicente Conesa, debido a la objetividad entorno a los impactos que se quieren evaluar, a su vez el resultado de este factor tiene una mayor incidencia en los factores ambientales es mucho más precisa. De la revisión bibliográfica se encontraron un total de

7 artículos para la matriz de Vicente Conesa, estos artículos tenían una prevalencia en Latinoamérica, probablemente por su fácil entendimiento y aplicación al ser elaborada por un especialista ambiental del continente (Conesa, 1993). Por otra parte, tenemos 5 artículos usados para el entendimiento y exposición de la matriz de Leopold como medida de evaluación de impacto ambiental, cuya procedencia era principalmente de países europeos y norteamericanos, presentando un mejor dominio y respuesta ante las falencias propuestas en esta monografía de dicha matriz.

Por último, cabe aclarar que para mantener el rendimiento de esta matriz, como expone Berrones M. *et al.* (2019) en su estudio de auditoria, ya que dice que es indispensable realizar reevaluaciones después de que se hayan ejecutado dos o más actividades que estén enfatizadas en el control y mitigación de aspectos e impactos, esto con el fin de obtener un nuevo gran impacto ambiental, que requiera una serie de actividades para mitigarlo, esto con el fin de realizar una regulación constante y no solo enfática de un solo factor ambiental.

8. Conclusiones

- Las soluciones propuestas a los aspectos e impactos ambientales generados por la producción de pollo de engorde en Colombia tuvieron un énfasis claro en su reducción, de manera racional y clara; esto lográndose a través de revisión bibliográfica, de diferentes artículos escritos a lo largo del mundo, que brindaban soluciones actualizadas tecnológicamente.
- La revisión bibliográfica, permitió dar un entendimiento claro de comparación, del cómo se aborda la minimización de los impactos ambientales internacionalmente en el sector avícola a través de las buenas prácticas que se explican y desarrollan en cada artículo, brindando aprendizajes dinámicos que se adapten a las situaciones y condiciones de cada uno.
- Las matrices evaluación de impacto ambiental propuestas por Leopold y Vicente Conesa, brindaron un soporte para ingresar ambientalmente al mundo avícola para poder reducir los aspectos e impactos ambientales, que genera a través del pollo de engorde, no obstante, con el análisis de cómo se aborda cada una de estas se estableció una preferencia de recomendación por la matriz de Vicente Conesa debido a que cuenta con un mejor manejo para el suministro de información de los impactos ambientales que se vana evaluar, los criterios ya se encuentran establecidos de evaluación ya se encuentran establecidos y son de fácil entendimiento para cualquiera que desee hacer una apreciación de la matriz, los resultados son precisos brindando claridad al momento del desarrollo de actividades para los impactos cuyo resultado sea significativo.

- Los resultados obtenidos de la presentación de cada artículo que se enfatizaba en el control de vertimientos son de gran aprovechamiento, debido al uso que se le da a un residuo generado de las plantas de sacrificio de aves como lo son las plumas para la generación de carbón activado, favoreciendo el medio filtrante de vertimientos en las granjas, no obstante, es importante la aplicación de métodos de control de emisiones en dado caso de que los procesos de pirólisis se lleven a cabo en las granjas, esto con el fin de controlar futuros impactos ambientales que se generen de esta medida de control.
- Los resultados obtenidos de la presentación de cada artículo que plantea medidas de control y mitigación para la generación de residuos sólidos y peligrosos brindaron resultados que garantizan la conversión de este impacto negativo en uno positivo, a través de procesos de compostaje, transformando la pollinaza y gallinaza en abonos para el sector agrícola. En cuanto a los residuos peligrosos, el documento de gestión enviado por la empresa Colecta S.A. garantiza una disposición final económica y comprometida con el buen manejo de este ítem ambiental.

9. Recomendaciones

Para el desarrollo de una monografía que tenga como objetivo la presentación de acciones de control y mitigación de impactos ambientales de un sector económico específico, es recomendable:

- Tener una clara consideración de las entidades gubernamentales que rigen al territorio donde se va a enfatizar el desarrollo de la monografía, tanto las que priorizan el apoyo en el sector avícola como las que verifican el cumplimiento normativo ambiental que le aplica a este sector productivo.
- Tener claras las necesidades con las cuales se va a elaborar el artículo o documento que vaya a formular medidas de control de aspectos e impactos ambientales, ya que las condiciones tanto organizacionales como los entornos donde se encuentran las granjas a las que se les va a enviar la información, ya que factores como: temperatura, capital económico, geografía, disposición empresarial o de personal, pueden jugar papeles importantes en énfasis ambiental que se quiera hacer.
- Clasificar la información recolectada y que se acomode mejor a las necesidades mencionadas previamente, con las cuales se esté desarrollando la monografía.
- Determinar métodos de evaluación de impactos ambientales, que permitan dar un inicio al dimensionamiento cuantitativo de los impactos ambientales que se quieren reducir.
- Tener un conocimiento claro de la situación actual del sector económico generador de impactos ambientales, al cual se le quiere brindar solución, ya que

esto será clave al momento de seleccionar las actividades y medidas de control ambiental que se acomoden mejor a las necesidades organizacionales.

10. Lista de referencias

- Adegbeye, M. J., Asaniyan, E. K., Igbalajobi, O. A., Oyedele, D. S., Elghandour, M. M. M. Y., Salem, A. Z. M., & Falade, T. T. (2020). Influence of selected plant seeds on the performance, carcass characteristics, sensory evaluation, and economics of broiler chicken. *Tropical Animal Health and Production*, 52(3), 1005–1012. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02092-w>.
- Aguilera-Díaz, M. M. (2014). Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia: instituciones, organizaciones y tecnología. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana; No. 214. Banco de la República de Colombia. Retrieved from <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/3177>.
- Al-Nasrawi, F. A., Kareem, S. L., & Saleh, L. A. (2020). Using the Leopold Matrix Procedure to Assess the Environmental Impact of Pollution from Drinking Water Projects in Karbala City, Iraq. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 671). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/671/1/012078>.
- Arce Solano, Olga Campos Rodriguez, Rooel Brenes Peralta, Laura. (2020). Evaluation of the management and final disposal of the poultry litter of heavy breeders used as organic fertilizer in Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 33-1. Enero-marzo 2020. Pág. 165-177. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5030>.
- Arias, J. Z., Reuter, T., Sabir, A., & Gilroyed, B. H. (2018). Ambient alkaline hydrolysis and anaerobic digestion as a mortality management strategy for whole poultry carcasses. *Waste Management*, 81, 71–77. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.049>.
- Barrios, K., Castro, L., Mendez, V., (2019). Influencia de las prácticas de responsabilidad ambiental empresarial de las empresas avícolas ubicadas en Bucaramanga y su área metropolitana en la intención de compra de los consumidores. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02411582>.
- B Carroll, J Fothergill, J Murphy, T Turpin (2019). Environmental Impact Assessment Handbook – a Practical Guide for Planners, Developers and Communities, Second Edition. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability, 163(3), 177. Retrieved from <http://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/ensu.2019.163.3.177>.
- Bohórquez, M. N., Londoño, D. & Toledo, S. L. (2019). Criterios de implementación ISO 14001:2015 Caso de Estudio "Sector Avícola Los Cábulos". Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/26756>.
- Cardona, C. E. (2015). Evaluación ambiental de residuos en la granja avícola CAFARI del municipio de San Pedro- Valle del Cauca. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3828>.
- Carrillo, J., (2019) Acceso a la justicia ambiental en latinoamerica. Empoderamiento juridico y abogacía comunitaria en latinoamerica. <https://acij.org.ar/wp-content/uploads/2019/10/Empoderamiento-y-abogacia-comunitaria-en-latinoamerica-digital-baja-1.pdf#page=116>.

- Chiramba, R., Charis, G., Fungura, N., Danha, G., & Mamvura, T. (2019). Production of activated carbon from poultry feathers for wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 80(8), 1407–1412. <https://doi.org/10.2166/wst.2019.388>.
- Colecta S.A.S. (2017, enero). Información Colecta S.A.S. - Gestión planes posconsumo (N.o 01). <https://www.colecta.co/plan-posconsumo>.
- Coskun, T., Debik, E., Kabuk, H. A., Manav Demir, N., Basturk, I., Yildirim, B., ... Kucuk, S. (2016). Treatment of poultry slaughterhouse wastewater using a membrane process, water reuse, and economic analysis. *Desalination and Water Treatment*, 57(11), 4944–4951. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.999715>.
- Costantini, M., Lovarelli, D., Orsi, L., Ganzaroli, A., Ferrante, V., Febo, P., ... Bacenetti, J. (2020). Investigating on the environmental sustainability of animal products: The case of organic eggs. *Journal of Cleaner Production*, 274. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123046>.
- Coy Tello, Hadher Smith, Gómez Suárez, Yeandra Paola (2017). Matriz De Aspectos E Impactos Ambientales En Las Unidades Agro-Productivas De La Zona Usaba - Julio Cesar, Municipio De Sibaté, Cundinamarca, En El Segundo Semestre Del Año 2016. <http://hdl.handle.net/11349/7572>.
- Darbra, R. M., Ronza, A., Stojanovic, T. A., Wooldridge, C., & Casal, J. (2005). A procedure for identifying significant environmental aspects in seaports. *Marine Pollution Bulletin*, 50(8), 866–874. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.04.037>.
- De Graaf, B. (2017). Free-range Poultry Holdings: Living the Academic Life in a Context of Normative Uncertainty. In De Graaf B., Kan A., & Molenaar H. (Eds.), *The Dutch National Research Agenda in Perspective: A Reflection on Research and Science Policy in Practice* (pp. 181-192). Amsterdam: Amsterdam University Press. doi: 10.2307/j.ctt1n7qk7m.17.
- Delgado Arroyo, M. del M. ... Martín Sánchez, J. V. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 965–977. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.15>.
- Di Maria, F., & Sisani, F. (2019). A sustainability assessment for use on land or wastewater treatment of the digestate from bio-waste. *Waste Management*, 87, 741–750. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.015>.
- Estrada-González, I. E., Taboada-González, P. A., Guerrero-García-Rojas, H., & Márquez-Benavides, L. (2020). Decreasing the environmental impact in an egg-producing farm through the application of LCA and lean tools. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/app10041352>.
- FENAVI, Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2014). Guía ambiental para el subsector avícola. <https://fenavi.org/publicaciones-programa-ambiental/guia-ambiental-para-el-subsector-avicola/>.
- Figueiredo, R. T., Santos, V. M. L. dos, & Ramos, J. L. C. (2020). Turbining the Leopold Matrix. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 7(7), 492–505. <https://doi.org/10.22161/ijaers.77.56>.

- Forge, T., Kenney, E., Hashimoto, N., Neilsen, D., & Zebarth, B. (2016). Compost and poultry manure as preplant soil amendments for red raspberry: Comparative effects on root lesion nematodes, soil quality and risk of nitrate leaching. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 223, 48–58. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.024>.
- Franzo, G., Swart, W., Boyer, W., Pasotto, D., Ramon, G., Koutoulis, K., & Cecchinato, M. (2020). No good vaccination quality without good control: the positive impact of a hatchery vaccination service program. *Poultry Science*, 99(6), 2976–2982. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.017>.
- Fuquene Yate, D. M., & Yate Segura, A. V. (2017). Alternativas de aprovechamiento para los excrementos de las granjas avícolas ubicadas en el Municipio de Fómeque Cundinamarca. *Documentos De Trabajo ECAPMA*, (2). <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.1815>.
- García, C. A., Monroy, C. C. & Pesca, D. A. (2018). Criterios de implementación ISO 14001:2015 estudio de caso - Consorcio avícola. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/23412>.
- García Castillo, T. I. (2015). Estudio de la extracción de los taninos de la semilla de mango de las variedades criollas, para la elaboración de un complemento alimenticio para aves de engorde y preparación de un tinte de curtiembre a partir de los taninos extraídos. <http://repositorio.cnu.edu.ni/Record/RepoUNI1460>.
- Gil, S, Roldan, L. (2015) Efectos del tratado de libre comercio con estados unidos sobre el mercado de pollo en Colombia. http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1133/1/Efectos_TLC_EUA_mercado_pollo_Colombia.pdf.
- Giraldo, L. M. & Tusarma, H. M. (2019). Formulación de Estrategias para el Fortalecimiento del Desempeño Ambiental de la Granja Avícola Córcega, Quimbaya, Quindío. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/28318>.
- Goswami, K. P., & Pugazhenth, G. (2020). Treatment of poultry slaughterhouse wastewater using tubular microfiltration membrane with fly ash as key precursor. *Journal of Water Process Engineering*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101361>.
- Jiménez-Veuthey, M., Zapata, L., & Luján-Flores, M. (2020). Tratamiento de un efluente agroindustrial empleando la microalga de agua dulce *Scenedesmus obliquus* autóctona del Embalse Salto Grande (Entre Ríos, Argentina). *REVISTA LATINOAMERICANA DE BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL Y ALGAL*, 11(1), 34-52. Consultado de: <http://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBA/article/view/89>.
- Kebreab, E., Liedke, A., Caro, D., Deimling, S., Binder, M., & Finkbeiner, M. (2016). Environmental impact of using specialty feed ingredients in swine and poultry production: A life cycle assessment. *Journal of Animal Science*, 94(6), 2664–2681. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9036>.
- Lackwood, L., Rodriguez, H., (2017). Concentrado Casero como alimento para aves de engorde, Bluefields, RACCS. <http://repositorio.uraccan.edu.ni/id/eprint/1172>.

- Leinonen, I., & Kyriazakis, I. (2016). How can we improve the environmental sustainability of poultry production? In *Proceedings of the Nutrition Society* (Vol. 75, pp. 265–273). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S0029665116000094>.
- Maccari, A. P., Segat, J. C., Testa, M., Maluche-Baretta, C. R. D., & Baretta, D. (2020). The effect of composted and non-composted poultry litter on survival and reproduction of *Candida albicans*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 9(1), 99–105. <https://doi.org/10.30486/IJROWA.2020.1885804.1012>.
- Malmali, M., Askegaard, J., Sardari, K., Eswaranandam, S., Sengupta, A., & Wickramasinghe, S. R. (2018). Evaluation of ultrafiltration membranes for treating poultry processing wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 22, 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.02.010>.
- Marie-Luise Blue (2017). Ecological Impact of Chicken Farming. <https://sciencing.com/ecological-impact-chicken-farming-5005.html>.
- Meiramkulova, K., Devrishov, D., Zhmagulov, M., Arystanova, S., Karagoishin, Z., Marzanova, S., ... Li, J. (2020). Performance of an integrated membrane process with electrochemical pre-treatment on poultry slaughterhouse wastewater purification. *Membranes*, 10(10), 1–17. <https://doi.org/10.3390/membranes10100256>.
- Melo Bustos, Ninibeth Esmeralda Yasmin, Novoa Umbarila, Diana Maribel. (2016). Diagnóstico sobre la importancia de la contabilidad ambiental en el sector avícola en el municipio de Fusagasugá. <http://hdl.handle.net/20.500.12558/175>.
- Morales, J., (2016). Formulación del programa de ahorro y uso eficiente del agua -pueaa- en la granja avícola “el pedregal” agro avícola san marino en la vereda buenos aires de la ciudad de Ibagué Tolima 2016. <http://hdl.handle.net/20.500.12558/929>.
- Mottet, A., & Tempio, G. (2017, March 2). Global poultry production: Current state and future outlook and challenges. *World's Poultry Science Journal*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>.
- Orjuela, Y. (2014). Propuesta del plan de manejo ambiental para la avícola Acapulco ubicada en el municipio San Antonio del Tequendama departamento de Cundinamarca-Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/13476>.
- Pelletier, N., Ibarburu, M., & Xin, H. (2014, February). Comparison of the environmental footprint of the egg industry in the United States in 1960 and 2010. *Poultry Science*. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03390>.
- Qian, Y., Song, K., Hu, T., & Ying, T. (2018). Environmental status of livestock and poultry sectors in China under current transformation stage. *Science of the Total Environment*, 622–623, 702–709. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.045>.
- Ramesh, M. K., Kalaiivanan, K., Durairaj, S., & Selladurai, G. (2020). Poultry Waste Management using Earthworms *E. eugeniae*, *E. foetida* and *P. excavates*. *Agricultural Science Digest - A Research Journal*, (OF). <https://doi.org/10.18805/ag.d-5116>.
- Ramirez A. Mónica L. (2016), Evolution of the consumption of meat of chicken in Colombia 1995-2015 ¿consumption of elite or popular consumption?

- <http://publicaciones.unisangil.edu.co/index.php/revista-unisangil-Empresarial/article/view/315/282>.
- Ramos Sepúlveda, Margeidy (2019). Evaluación del impacto productivo, económico y ambiental generado por las granjas avícolas identificadas por corponor ocaña. repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/2144.
- Rodriguez Viatela, Nataly Carolina, Campos Molano, Juan Carlos, Sánchez Ramirez, Dayan Liseth (2019), Apoyo técnico a la universidad cooperativa de Colombia sede Ibagué - espinal en la elaboración del plan de manejo ambiental en la granja experimental de la Universidad Cooperativa de Colombia, <http://hdl.handle.net/20.500.12494/13736>.
- Rouger, A., Tresse, O., & Zagorec, M. (2017). Bacterial Contaminants of Poultry Meat: Sources, Species, and Dynamics. *Microorganisms*, 5(3), 50. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5030050>.
- Ruíz C. Karina M., (2019). Valoración de residuos sólidos aprovechables de la industria avícola bilbao mediante la técnica de compostaje. <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/13380>.
- Sánchez Tenazoa, Pool Christian (2018). Evaluación de las medidas de manejo ambiental en las actividades avícolas de la granja inversiones JABRINI Import S.A.C. ubicado en el distrito de la Banda del Shilcayo, 2015. <http://hdl.handle.net/11458/2791>.
- Sajjadi, S. A., Aliakbari, Z., Matlabi, M., Biglari, H., & Rasouli, S. S. (2017). Environmental impact assessment of Gonabad municipal waste landfill site using Leopold Matrix. *Electronic Physician*, 9(2), 3714–3719. <https://doi.org/10.19082/3714>.
- Suárez Vera Sandra Jeaneth (2017). Evaluación del impacto ambiental potencial generado en la producción de carne de pollo mediante la metodología de análisis ciclo de vida “ACV” por atributos de la puerta a la puerta. <http://hdl.handle.net/11634/16951>.
- Tejaswi, D., & Samuel, C. (2017, April 1). Techniques for environmental risk assessment: A review. *Rasayan Journal of Chemistry*. Rasayan Journal of Chemistry, c/o Dr. Pratima Sharma. <https://doi.org/10.7324/RJC.2017.1021657>.
- Tobar, A. (2015). Proyecto productivo de pollo de engorde para abasto en el municipio de Saladoblanco Huila. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/4619>.
- Van Epps, A., & Blaney, L. (2016, September 1). Antibiotic Residues in Animal Waste: Occurrence and Degradation in Conventional Agricultural Waste Management Practices. *Current Pollution Reports*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s40726-016-0037-1>.
- Vicente Conesa Fernández-Vítora (1997). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Mundi-Prensa, 1997.
- Wu, H., Li, J., Wang, C., Liao, Q., Fu, Q., & Liu, Z. (2020). Sequent production of proteins and biogas from *Chlorella* sp. via CO₂ assisted hydrothermal treatment and anaerobic digestion. *Journal of Cleaner Production*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123563>.
- Yang, J., Wang, Y., Fang, S., Qiang, Y., Liang, J., Yang, G., & Feng, Y. (2020). Evaluation of livestock pollution and its effects on a water source protection area in China.

- Environmental Science and Pollution Research, 27(15), 18632–18639.
<https://doi.org/10.1007/s11356-019-06485-0>.
- Zhang, B., Zhang, J., Zhong, Z., Zhang, Y., Song, M., Wang, X., ... Ruan, R. (2018). Conversion of poultry litter into bio-oil by microwave-assisted catalytic fast pyrolysis using microwave absorbent and hierarchical ZSM-5/MCM-41 catalyst. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 130, 249–255.
<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.01.002>.
- Zhuang, S., Brusselman, E., Sonck, B., & Demeyer, P. (2020). Validation of five gas analysers for application in ammonia emission measurements at livestock houses according to the VERA test protocol. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(15).
<https://doi.org/10.3390/app10155034>.

