Monitoreo de los Parámetros Fisicoquímicos en el Tratamiento de Aguas Residuales y Seguimiento a los Residuos Sólidos en una Planta Avícola para la Producción de Compost

Silvia Yulexy Pelayo Mejía

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Básicas

Departamento de Microbiología

Pamplona, Norte de Santander

2024

Monitoreo de los Parámetros Fisicoquímicos en el Tratamiento de Aguas Residuales y Seguimiento a los Residuos Sólidos en una Planta Avícola para la Producción de Compost

Silvia Yulexy Pelayo Mejía

Trabajo de grado para optar al título de Microbiología

Tutor académico

Microbióloga

Ángela Maritza Cajiao Pedraza

Tutor empresarial

Ingeniera ambiental

Deyanira Gómez Pinto

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Básicas

Departamento de Microbiología

Pamplona, Norte de Santander

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

FIRMA DEL JURADO

_____

FIRMA DEL JURADO

Resumen

El presente trabajo tuvo por objetivo principal realizar el seguimiento de los parámetros fisicoquímicos (pH, cloruros y DQO), en tres puntos del sistema de tratamiento de agua residual de una planta avícola, con el fin de evaluar la eficiencia del proceso en la remoción de contaminantes. Además, se realizó seguimiento al manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos generados en este proceso, tales como los lodos residuales y la pollinaza. Estos residuos son utilizados en la producción de compost a través de un proceso controlado que incluye la incorporación de aserrín y pollinaza seca como materiales de soporte, así como la inoculación de microorganismos eficientes (EM) como: *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus casei* y *Streptomyces spp.*, los cuales favorecen la descomposición y estabilización de la materia orgánica.

El seguimiento de los parámetros fisicoquímicos permitió analizar los procesos de tratamiento sobre la calidad del efluente y comparar los resultados con los rangos establecidos por la Resolución 0631 de 2015, mientras que el monitoreo del tratamiento de residuos sólidos se enfocó en la mejora de las características del material orgánico, promoviendo su reutilización en actividades agrícolas o como enmienda del suelo.

Palabras claves: Tratamiento de agua residual, parámetros fisicoquímicos, compostaje, microorganismos eficientes.

Abstract

The main objective of this work was to monitor the physicochemical parameters (pH, chlorides and COD) at three points of the wastewater treatment system of a poultry plant, in order to evaluate the efficiency of the process in the removal of contaminants. In addition, the management and use of the solid waste generated in this process, such as sewage sludge and poultry manure, was monitored. These residues are used in the production of compost through a controlled process that includes the incorporation of sawdust and dried mound as support materials, as well as the inoculation of efficient microorganisms (EM) such as: *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus casei* and *Streptomyces spp*., which favor the decomposition and stabilization of organic matter.

The monitoring of the physicochemical parameters made it possible to analyze the treatment processes on the quality of the effluent and compare the results with the ranges established by Resolution 0631 of 2015, while the monitoring of solid waste treatment focused on improving the characteristics of the organic material, promoting its reuse in agricultural activities or as a soil amendment.

Keywords: Wastewater treatment, physicochemical parameters, composting, efficient microorganisms.

Contenido

Resumen 4

Abstract 5

1. Introducción 11

2. Objetivos 13

Objetivo general 13

Objetivos específicos 13

3. Justificación 14

4. Marco Teórico 15

4.1 Residuos líquidos. 15

4.1.1 Fuentes Generadoras de Agua Residual en la Planta Avícola. 15

4.1.2 Consumo mensual promedio de Agua. 17

4.1.3 Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) 17

4.1.4 Descripción del proceso de Tratamiento de Agua Residual. 17

4.2 Residuos sólidos. 21

4.2.1 Lodos residuales 22

4.2.2 Pollinaza 22

4.2.3 Compostaje 23

4.2.4 Microorganismos eficientes 24

5. Normativa 25

6. Metodología 26

6.1 Trazabilidad 26

6.2 Residuos: 26

6.2.1 Residuos líquidos. 26

6.2.1.1 Puntos de muestreo. 26

6.2.1.2 Determinación In Situ. 26

6.2.1.3 Metodologías aplicadas. 27

6.2.2 Residuos sólidos: 29

6.2.2.1 Proceso de aprovechamiento de lodo residuales y Pollinaza, en la transformación de abonos acondicionadores de suelo. 29

7. Resultados y Discusiones 31

7.2.1 Residuos líquidos. 31

7.2.2 Residuos solidos 34

8. Conclusiones. 41

9. Recomendaciones. 42

10. Lista de Referencias 43

11. Anexos 49

Anexo 1. 49

Anexo 2. Resultados con laboratorio externo de análisis fisicoquímico y microbiológico del Abono de lodo. 51

Anexo 3. Resultados con laboratorio externo de análisis fisicoquímico y microbiológico del Abono de Pollinaza. 53

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Flujograma del proceso de beneficio del pollo y sus puntos de vertimiento al sistema de la PTAR. 16

Ilustración 2 Flujograma del sistema de la PTAR de la Planta Avícola. 21

Ilustración 3 Fases del proceso y variación de la temperatura durante la transformación y estabilización de los residuos bajo condiciones aeróbicas. 24

Ilustración 4 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos promediados en los 3 puntos de muestreo de los sistemas que integran la PTAR (a) pH (b) Cloruros (c) DQO. 32

Ilustración 5 Cantidad de residuos (lodos residuales) e insumos (aserrín, pollinaza y EM) utilizados por pila compostada en un tiempo de tres meses 35

Ilustración 6 Cantidad de residuos (pollinaza y criba) e insumos (aserrín y EM) utilizados por caja compostada en un tiempo de tres meses. 38

Lista de Tablas

Tabla 1 Resultados de los parámetros fisicoquímicos. 49

1. Introducción

La industria avícola es una de las principales fuentes de producción de alimentos de origen animal en el mundo, y a la vez, es responsable de generar grandes cantidades de residuos líquidos y sólidos, los cuales pueden representar un riesgo ambiental si no se gestionan adecuadamente. Las aguas residuales provenientes de este tipo de instalaciones contienen contaminantes orgánicos e inorgánicos, entre ellos, materia orgánica en suspensión, compuestos nitrogenados, fósforo, y sólidos disueltos como los cloruros. El tratamiento de estas aguas es fundamental para evitar la contaminación de fuentes hídricas cercanas y cumplir con las normativas ambientales (Sánchez *et al*., 2019).

Dentro de los parámetros fisicoquímicos que permiten evaluar la calidad del agua, el pH, los cloruros y la DQO son fundamentales. El pH del efluente influye en la solubilidad de varios compuestos contaminantes y en la efectividad de los tratamientos biológicos. Los cloruros, por su parte, son indicadores de la salinidad del agua, que en niveles elevados puede afectar tanto la vida acuática como la calidad del agua para su reutilización (González *et al*., 2018). Por otro lado, la DQO refleja la cantidad de oxígeno requerido para descomponer los compuestos orgánicos presentes en el agua, lo que indica la carga contaminante del efluente.

Además de los residuos líquidos, en el tratamiento de aguas residuales avícolas se generan residuos sólidos como: “lodos residuales y pollinaza”. Estos residuos, aunque son desechos, pueden ser gestionados de manera eficiente mediante el proceso de compostaje. El compostaje de los lodos y la pollinaza no solo facilita la reducción de su volumen, sino que transforma estos residuos en abonos ricos en nutrientes, lo que contribuye al reciclaje de nutrientes y a la reducción de contaminantes de las plantas avícolas (Mora *et al*., 2022).

Este trabajo se centró en el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales generadas por una planta avícola y en el seguimiento del tratamiento los residuos sólidos generados en el proceso de tratamiento de las aguas residuales. Además, se aborda la viabilidad del compostaje como una estrategia de manejo sostenible de estos residuos. La información generada en este estudio puede ser útil para mejorar las prácticas de manejo ambiental en la industria avícola y fomentar el uso de tecnologías sostenibles en el tratamiento de aguas residuales.

2. Objetivos

Objetivo general

Efectuar el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos (pH, cloruros y DQO) en tres puntos estratégicos del sistema de tratamiento de aguas residuales de una planta avícola, así como el seguimiento de la gestión y aprovechamiento de los residuos sólidos generados (lodos residuales y pollinaza).

Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos como pH, cloruros y DBO en tres puntos del sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta avícola.
- Determinar la eficiencia del tratamiento en cada punto de monitoreo, comparando los resultados con la Normativa Ambiental Vigente, Resolución 0631 de 2015.
- Realizar el seguimiento del tratamiento de los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Agua Residual, con el fin ser utilizados como abonos acondicionadores de suelos, por medio de procesos de compostaje.

3. Justificación

El tratamiento adecuado de las aguas residuales es un aspecto crucial para la sostenibilidad ambiental y la salud pública. En las plantas avícolas, donde las actividades productivas generan grandes volúmenes de agua residual, la calidad de estos efluentes debe ser monitoreada rigurosamente para cumplir con las normativas ambientales vigentes. El análisis de los parámetros fisicoquímicos, como el pH, los cloruros y la DQO, permite evaluar el impacto de estas aguas sobre las fuentes hídricas y la eficiencia de los procesos de tratamiento empleados. Estos parámetros son indicadores de la carga orgánica, la acidez y la presencia de compuestos inorgánicos, que pueden tener efectos nocivos si no son tratados de manera adecuada (Díaz *et al*., 2021).

Además, en los sistemas de tratamiento de aguas residuales de una planta avícola, los residuos sólidos generados, como los lodos residuales y la pollinaza, son una preocupación, debido a su volumen y la necesidad de una correcta disposición. Estos residuos son ricos en nutrientes, por lo que pueden ser utilizados en técnicas sostenibles como el compostaje, un proceso biológico que convierte los residuos orgánicos en un material útil para la agricultura. El compostaje no solo contribuye a la correcta gestión de los residuos, sino que también permite reducir la contaminación, y proporciona un abono que puede ser utilizado en la mejora de la calidad del suelo (Fernández *et al*., 2020).

Este trabajo busca justificar la necesidad de monitorear los parámetros fisicoquímicos en tres puntos específicos del sistema de tratamiento de aguas residuales de una planta avícola y así mismo, dar seguimiento a los residuos sólidos generados y a su transformación mediante el compostaje. De esta manera, se busca no solo cumplir con las normativas ambientales, sino también contribuir al manejo sostenible de los recursos en la industria avícola.

4. Marco Teórico

4.1 Residuos líquidos.

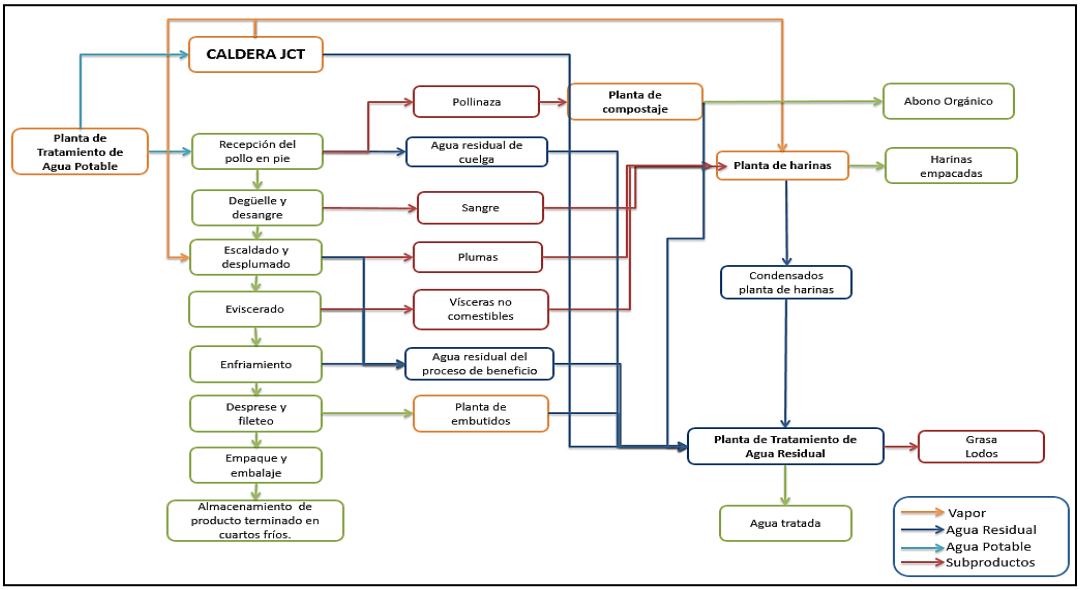
La Planta Avícola considerada para estas prácticas está enfocada en el beneficio del pollo, este proceso de faenado consta de varias etapas y áreas de producción. La demanda de agua en estos es elevada, no solo porque es esencial en todas sus etapas, sino también en las estrictas labores de limpieza de las instalaciones (Fund, 2021).

La calidad de las aguas de una planta de procesamiento de aves varía dependiendo del proceso industrial, del consumo de agua por aves sacrificadas, del tamaño de las instalaciones de la procesadora, de la eficiencia de recolección de sangre y del manejo del agua en el proceso industrial. En general, la composición y el flujo de estas aguas residuales dependen en gran medida del número de animales sacrificados (Gallegos, 2012).

4.1.1 Fuentes Generadoras de Agua Residual en la Planta Avícola.

En la ilustración 1 se muestran los procesos de beneficio del pollo y puntos de vertimiento al sistema de Tratamiento de Agua Residual generadas en la Planta Avícola.

Ilustración 1 *Flujograma del proceso de beneficio del pollo y sus puntos de vertimiento al sistema de la PTAR.*



Nota. Autor, 2024

Los procesos en los cuales se emplea el recurso hídrico, se incorporan sustancias orgánicas e inorgánicas que modifican su calidad física y Química (Matsumura y Mierzwa, 2008). Las descargas líquidas resultantes de estos procesos contienen residuos sólidos en suspensión, grasas y restos de vísceras, entre otros. La presencia de estos y otros agentes tóxicos, como los Coliformes Fecales o el Cloro (por el lavado-desinfección), ponen de presente parámetros como el pH y la demanda bioquímica de oxígeno y producen un impacto ambiental negativo (Fund, 2021).

Dichos contaminantes pueden ser eliminados a través de procesos químicos, físicos y/o biológicos que están comprendidos según las etapas de los sistemas de tratamientos. Los diseños para este tipo de plantas depuradoras de agua pueden considerar diferentes etapas o niveles de tratamiento. Los niveles de tratamiento se agrupan según los diferentes grados de eficiencia

alcanzados en la remoción de los contaminantes existente en los líquidos residuales (Gallegos, 2012).

4.1.2 Consumo mensual promedio de Agua.

Teniendo en cuenta el agua usada en cada uno de los procesos descritos anteriormente, la Planta Avícola en promedio tiene un consumo mensual de 48.000 m^3.

4.1.3 Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR)

La Planta avícola, sacrifica en promedio 105.000 Aves por día y cuenta con una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), la cual capta el 100 % de las aguas domesticas e industriales provenientes de cada una de las áreas de producción y recibe un caudal promedio de 24 a 45 L/s para ser tratadas.

El alto contenido orgánico del agua residual generada y sus relaciones de biodegradabilidad, permiten establecer las condiciones para realizar un adecuado tratamiento de esta. Esta planta de tratamiento comprende un conjunto de operaciones y procesos tendientes a la reducción del contenido orgánico e inorgánico del agua residual, a fin de dar cumplimiento a los requerimientos legales en cuanto a la calidad de los vertimientos (Distraves S.A.S, 2024).

4.1.4 Descripción del proceso de Tratamiento de Agua Residual.

Sistema Trampa Grasas:

Las aguas residuales son llevadas a través de una red de conductos hacia el pozo de carga, que simboliza la unidad de trampa de grasas. En este lugar, el contenido graso del agua residual se extrae mediante flotación, debido al tiempo de retención hidráulica del tanque. Luego, el agua es llevada a una segunda trampa de grasas con el objetivo de retener una mayor cantidad

de grasa y reducir la carga orgánica del agua, de forma que se simplifique el proceso de tratamiento.

Cribado Grueso o Rotatorio:

Seguidamente, el agua residual es transportada desde la trampa grasa hasta las unidades de separación de sólidos, que se componen de un cribado grueso (Tamiz rotatorio) y un cribado fino (Tamiz estático). Estos cumplen la función de retener sólidos superiores a 5 mm, como pluma, víscera y grasa.

Pre sedimentador 1:

Posterior al cribado grueso en el Tamiz rotatorio, el agua se traslada a un tanque de pre sedimentación con una capacidad de 13,4 m^3. Este permite que los sólidos que no se eliminaron en el procedimiento anterior se sedimenten debido al tiempo de retención hidráulica que este tiene.

Cribado fino:

En el cribado fino se retienen los sólidos más pequeños; estos son principalmente representados por el contenido estomacal del pollo. Estos sólidos se compostan y se empacan para utilizarse como abonos en el acondicionamiento del suelo.

Pre sedimentador 2:

Además de la eliminación de sólidos efectuada en la criba estática (cribado fino), un tanque de 13,4 m^3 posibilita seguir con la sedimentación de sólidos en el agua residual, la cual está preparada para seguir con la próxima etapa del proceso de tratamiento.

Tanques de Homogenización:

En esta etapa el agua residual de la planta comienza el proceso fisicoquímico. El agua se dirige a los tanques de homogenización circular donde se determina el caudal total de agua que fluye al sistema de tratamiento. Este procedimiento físico se lleva a cabo con el objetivo de asegurar una carga contaminante uniforme, homogenizando el agua entrante y utilizando la dosis adecuada de sustancias químicas durante todo el proceso de tratamiento.

Serpentín de mezcla rápida:

El agua residual se dirige a través de un conducto de 3 pulgadas, utilizando dos bombas autocebantes de 7.5 caballos, hacia dos serpentines de mezcla rápida. En estos, se efectúa la dosificación del coagulante (Policloruro de Aluminio y floculante (Cloruro Férrico), los cuales facilitarán la desestabilización de la materia orgánica que posee el agua y la creación del floc, que se precipitará debido a la gravedad en el proceso subsiguiente.

Tanques Sedimentadores Fisicoquímicos:

Otra porción del agua residual, tanto sólida como grasa, se retiene en los tanques de sedimentación, donde los sólidos suspendidos sedimentan debido a la fuerza de gravedad y las grasas se mantienen flotando. El agua clarificada es enviada al tratamiento biológico.

Los sedimentos acumulados en los tanques son automáticamente purgados por un sistema de bombas solenoides, que se activan cada 10 minutos, permitiendo que los lodos se desplacen durante 12 segundos hacia los tanques destinados al tratamiento de lodos.

Reactor biológico aerobio:

El Bioreactor recibe por gravedad el agua clarificada del tratamiento primario y, a través de los difusores de burbuja fina, se recibe oxígeno por medio de la inyección de aire de los

sopladores. El agua y el aire constituyen un cultivo biológico que, cuando está presente el oxígeno disuelto, realiza la asimilación y degradación de la materia orgánica. En este procedimiento es posible lograr eficiencias totales de eliminación que superen el 90 % de DBO y SST.

El tratamiento biológico se realiza con la ayuda de microorganismos (fundamentalmente bacterias) que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en agua residual.

Tanque sedimentador secundario:

En este, los sólidos biológicos generados son transportados y almacenados en el fondo de la unidad, lo que resulta en un efluente de alta calidad y transparencia, que puede tener bajos niveles de DBO y SST que pueden oscilar entre 50 y 150 mg/l, respectivamente.

Tratamiento de lodos residuales:

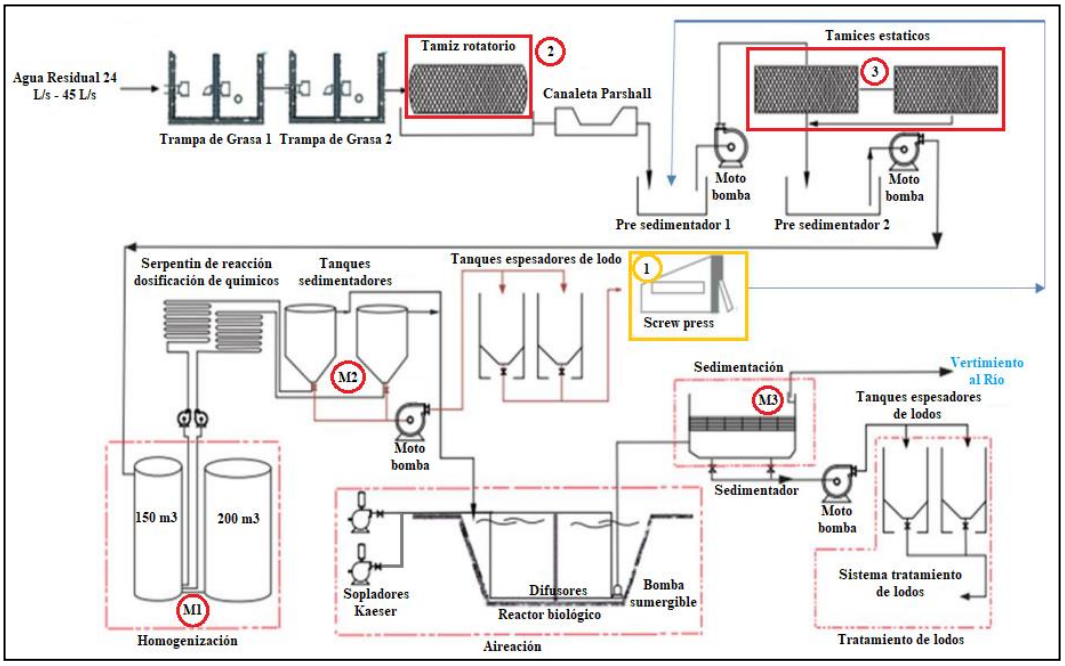
El lodo es llevado a través de una bomba desde los depósitos de lodo hasta la primera cámara de entrada del equipo de deshidratación. Luego, se traslada a la cámara siguiente del equipo deshidratador mediante el medidor del líquido, donde se lleva a cabo el proceso de combinación del lodo con un floculante/polímero para generar los flocs, estos se concentran por gravedad en la sección inicial del eje de tornillo, conocida como sección de concentración, donde se efectúa la deshidratación más intensa de los lodos, y posteriormente se transportan a la sección de drenaje o filtrado. Después, este lodo se traslada a la siguiente sección del eje del tornillo, conocida como sección de deshidratación. En esta sección, el lodo pasa por un proceso de presión superior, donde se concluye la eliminación de la humedad que tienen.

Vertimiento Final:

El efluente de los filtros será direccionado hacia la fuente de agua receptora, cumpliendo con las especificaciones fisicoquímicas requeridas en la Resolución 0631 de 2015. Con una remoción que supera el 90 %.

A continuación, se presenta el flujograma del sistema de Tratamiento de Agua Residual de la Planta Avícola:

Ilustración 2 *Flujograma del sistema de la PTAR de la Planta Avícola.*



Nota. Distraves S.A.S, 2024.

4.2 Residuos sólidos.

La industria avícola produce grandes cantidades de desechos anuales que generalmente terminan en lugares de eliminación final a cielo abierto, provocando una elevada contaminación en el aire, agua y tierra. Es crucial manejar estos desechos, sobre todo si se tiene en cuenta los riesgos medioambientales y sanitarios que traen consigo (Nayak y Bhushan, 2019).

4.2.1 Lodos residuales

En la mayor parte de las operaciones de tratamiento de aguas residuales se producen lodos como consecuencia de la separación de la fase sólida-líquida (sedimentación y flotación) o durante los procesos fisicoquímicos y biológicos. Estos solidos normalmente experimentan una serie de procesos como espesamiento, estabilización, deshidratación y disposición final (Lozada *et al*., 2005). Estos lodos residuales pueden ser clasificados según su composición, que depende de la calidad de las aguas residuales tratadas y de la tecnología utilizada en el proceso de tratamiento. Los lodos primarios suelen ser más ricos en materia orgánica, mientras que los secundarios contienen más microorganismos y productos derivados del proceso de biodegradación. (Kiely, 1999).

4.2.2 Pollinaza

La pollinaza es el residuo generado en las plantas avícolas compuesto por excrementos de aves, restos de alimento no consumido, plumas, paja y otros materiales orgánicos. Este residuo, aunque es considerado un subproducto natural de la actividad avícola, puede contener altos niveles de nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio, lo que, si no se maneja correctamente, puede generar problemas de contaminación ambiental (González y Pérez, 2017). Su mal uso puede provocar eutrofización en los cuerpos de agua, liberando cantidades excesivas de nutrientes. En una instalación de gestión de agua residual de aves, la pollinaza puede ser gestionada a través de compostaje o tratamiento anaeróbico para disminuir su efecto en el medio ambiente (Gómez y López, 2019).

La gestión incorrecta de estos lodos residuales y pollinaza generados en la planta avícola puede provocar diversos efectos negativos ambientales, tales como la polución del suelo, agua y

aire. Por esta razón, hay regulaciones que controlan el manejo de estos desechos para asegurar su correcta gestión y reducir el peligro de contaminación.

4.2.3 Compostaje

El compostaje es una alternativa para la transformación y reutilización de residuos orgánicos, ya que la materia orgánica se mineraliza por la acción de los microorganismos aeróbicos y se transforma en humus, lo que contribuye a la disminución del impacto ambiental negativo de los residuos orgánicos (Delgado *et al.*, 2019)

En el proceso de compostaje se emplean residuos orgánicos sólidos o semisólidos para transformarse en fertilizantes, que, si se emplean adecuadamente, proporcionan los elementos fundamentales al suelo para que la planta pueda emplearlos. De esta manera, el compostaje, en su papel de acondicionador orgánico natural, potencia las características físicas, químicas y biológicas del terreno, aumenta la porosidad, reduce la densidad aparente, fortalece la estructura, potencia la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica del suelo. Además, actúa como estrategia de gestión para disminuir la utilización de sustancias químicas como pesticidas, fertilizantes, combustibles, entre otros (Álvarez *et al.*, 2019).

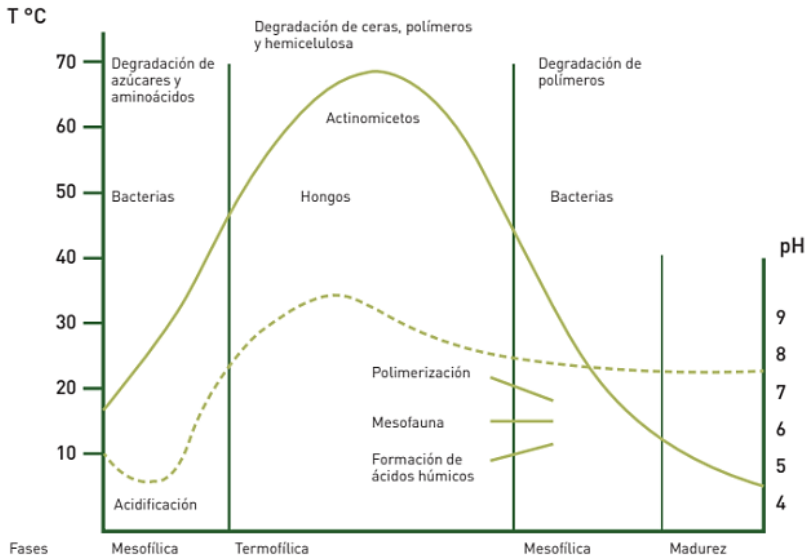
El compostaje de lodos residuales y pollinaza es una técnica común para manejar estos residuos orgánicos. Los microorganismos eficientes (EM) se utilizan para acelerar el proceso de compostaje, mejorar la aireación y reducir los tiempos de descomposición. Además, los EM favorecen la producción de compost de alta calidad, que puede ser utilizado como fertilizante agrícola, reduciendo así el impacto ambiental de la planta avícola (Pérez y Gómez, 2016) (Ferreira y Silva, 2018).

4.2.4 Microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes (EM) son un conjunto de microorganismos benéficos que incluyen bacterias lácticas, levaduras, actinobacterias y otros microbios que se utilizan en una variedad de aplicaciones agrícolas y de tratamiento de residuos. Estos microorganismos mejoran la calidad del compostaje al descomponer la materia orgánica de forma eficiente, reduciendo la producción de gases de efecto invernadero y favoreciendo un ambiente más saludable para el proceso de descomposición (Higa y Parr, 1994)

Durante el proceso de compostaje. Primero, las Bacterias lácticas **y** Levaduras descomponen la materia orgánica de manera rápida y eficiente. Segundo, las actinobacterias ayudan a descomponer los residuos más complejos, como las fibras vegetales y las proteínas presentes en la pollinaza. Este proceso acelera la conversión de los residuos en compost de alta calidad, además de reducir la cantidad de patógenos presentes en los lodos residuales y pollinaza (Souza y Silva, 2020).

Ilustración 3 *Fases del proceso y variación de la temperatura durante la transformación y estabilización de los residuos bajo condiciones aeróbicas.*



Nota. FAO, 2013

5. Normativa

Para aguas residuales, el Articulo 9 de la Resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), establece los parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domesticas-ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades productivas de agroindustria y ganadería

Por otro lado, el Articulo 5 del Decreto 1287 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), establece los valores máximos permisibles para la categorización de los biosólidos.

El Articulo 42 de la Resolución 150 de 2003 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia, establece que: “Ningún producto de los contemplados en el presente Reglamento Técnico podrá contener nutrientes u otras sustancias en cantidades menores a los Mínimos Permitidos, citados en el Anexo 11. Si esto ocurriere, dichos nutrientes o sustancias no deberán citarse dentro de la composición garantizada”.

6. Metodología

6.1 Trazabilidad

Los residuos generados son debidamente documentados en formatos ya establecidos por la empresa, esto se hace con el fin de llevar un adecuado seguimiento de cada uno de los residuos, como también de los insumos usados en la elaboración del producto.

6.2 Residuos:

6.2.1 Residuos líquidos.

6.2.1.1 Puntos de muestreo.

En la **Ilustración 2** se muestran los tres diferentes puntos de muestreo denominados como M1, M2 Y M3, los cuales hacen parte de los sistemas que integran la Planta de Tratamiento De Agua Residual (PTAR). El muestreo en estos puntos se realizó durante 4 días consecutivos en un periodo de 3 meses. A cada uno de estos puntos se le tomaron 14 muestras puntuales en intervalos de una hora hasta completar 14 horas de sacrificio. La recolección se realizó en envases plásticos de 250 mL previamente lavados y refrigerados a 4 °C a medida que se hacia la toma, una vez pasado el tiempo estas fueron llevadas al laboratorio de Agua Residual de la PTAR para la determinación de los diferentes parámetros.

6.2.1.2 Determinación In situ.

- **Muestra compuesta.**

Se prepararon mezclas tomando alícuotas de 72 mL de cada muestra puntual, estas se vertieron en vasos de precipitado de 1000 mL, este procedimiento se le realizó a cada una de las muestras (M1, M2 Y M3**)** hasta obtener 3 muestras compuestas diferentes con un volumen final de 1 L.

- ***Determinación fisicoquímica.***

De las muestras compuestas M1, M2 Y M3, se les midió parámetros como:

- Potencial de Hidrogeno (pH)
- Cloruros (Cl^-)
- Demanda Química de Oxigeno (DQO).

6.2.1.3 Metodologías aplicadas.

Las metodologías efectuadas para estos parámetros fueron basadas en el "*Standard Methods for Examination Of Water and Wastewater* (AWWA/ALPHA/WEF), ED 23 de 2017" la cual regula y recomienda métodos y procesos para el análisis de agua y aguas residuales (Baird *et al.,* 2017) y "Method 410.4: The Determination of Chemical Oxygen Demand by Semi-Automated Colorimetry" (O'Dell, 1993).

Potencial de Hidrogeno (pH)

Se introdujo el Equipo Tester pH /CE/ TDS HI98129 en cada muestra compuesta y se esperó un tiempo a que el equipo hiciera la respectiva medición.

Cloruros (Cl^-)

Para esta determinación se empleó la metodología 4500-Cl^- C del "*Standard Methods for Examination Of Water and Wastewater* (AWWA/ALPHA/WEF), ED 23 de 2017" (Baird *et al.*, 2017).

Para esta medición se utilizó el Test kit de Cloruro HI 3815 el cual mide el cloruro por titulación con Nitrato de Mercurio. Se tomaron 5 ml de la muestra compuesta M1 y se adicionaron 2 gotas de defenilcarbazona (reactivo indicador mixto) lo que provocó que la muestra tomara un color morado, para contrarrestar esto se agregaron 2 gotas de Ácido Nítrico

(Reactivo indicador acidificante), luego se tomó una jeringa graduada de 1 mL y llenó con solución de Nitrato de Mercurio hasta completar su volumen, esta se fue agregando gota a gota y mezclando a la muestra que contiene los reactivos hasta observar un viraje de amarillo claro a violeta, por último se procedió a leer los mililitros de solución de titulación gastados. Este procedimiento se repitió en las muestras compuestas M2 y M3.

DQO

Para realizar esta medición se empleó la metodología 5220 D del "*Standard Methods for Examination Of Water and Wastewater* (AWWA/ALPHA/WEF), ED 23 de 2017" la cual regula y recomienda métodos y procesos para el análisis de agua y aguas residuales (Baird *et al.*, 2017) y "Method 410.4: The Determination of Chemical Oxygen Demand by Semi-Automated Colorimetry" (O'Dell, 1993).

Para la determinación de este parámetro se utilizaron viales con reactivos predosificados de HANNA Instruments con 3 Rangos diferentes: Alto (0-15000 mg/l) para M1, Medio (0-1500 mg/l) para M2 y Bajo (0-150 mg/l) para M3.

Se inició precalentando el Termoreactor HI 839800 hasta llegar a una Temperatura de 150 °C. Se tomó 0,2 mL de la muestra compuesta M1 y se agregaron al vial de Rango alto, luego, se tomaron 2 mL de la muestra compuesta M2 y se agregaron al Vial de Rango medio y al vial Rango bajo se adicionaron 2 mL de la muestra compuesta M3. Una vez terminado este proceso, se introdujeron los viales al Termoreactor HI 839800 y se dio inicio a la digestión la cual tuvo una duración de 2 hrs, una vez transcurrido este tiempo se dejaron enfriar los viales a temperatura ambiente para luego realizar la lectura en un Fotómetro Multiparámetro HI 83399.

6.2.2 Residuos sólidos:

6.2.2.1 Proceso de aprovechamiento de lodos residuales y Pollinaza, en la transformación de abonos acondicionadores de suelo.

- **Microorganismos Eficientes.**

Se llenaron con agua potable dos tanques de 900 L previamente lavados, esta se dejó en reposo por 24 hrs, transcurrido este tiempo, se tomó un balde limpio y se agregaron 6 Kg de melaza y agua, esto se diluyó hasta formar una mezcla homogénea. Para esta preparación se utilizó el producto SobioTMO® de la empresa Sobiotech S.A.S, el cual contiene microorganismos eficientes como: *Saccharomyces cerevisiae, Lactobacillus casei y Streptomyces spp*., para ello se agregaron 20 L de estos microrganismos a los tanques en partes iguales, de esta misma forma, se vertió la mezcla de melaza antes preparada y se cubrió con mayas ambos tanques. Estos tanques se encuentran conectados a un sistema de bombeo mecánico el cual se enciende con el objetivo de mezclar y airear, estas encendidas tenían una duración de 30 min y se realizaron por 4 días consecutivos.

- **Lodos residuales.**

Los lodos provenientes de los tanques espesadores son llevados al screw press (Ver **Ilustración 2**, punto 1), estos son deshidratados dando como resultado un producto con bajo porcentaje de humedad. Este lodo fue transportado a la zona de compostaje por los operarios donde se compostó utilizando la metodología de Pila con volteo periódico, estas pilas se crean en forma piramidal con unas medidas promedio de 2 a 2½ m de ancho y 1 a 1½ m de alto, son mezcladas de forma homogénea con aserrín y pollinaza seca como material de soporte, además son rociadas con los microorganismos eficientes preparados anteriormente; una vez terminado este proceso se llenan los formularios ya establecidos con los materiales utilizados.

- **Pollinaza.**

Este proceso inició recolectando la pollinaza proveniente del área de recepción de pollo vivo, que luego de ser sedimentada en el Presedimentador 1, fue bombeada hasta la criba estática (Ver **Ilustración 2**, punto 3) la cual separa los sólidos finos del agua; también se recolectaron los residuos provenientes del Tamiz rotatorio (Ver **Ilustración 2**, puntos 2), estos residuos son llevados por los operarios a la zona de compostaje; esta zona se encuentra dividida en 16 cuadrantes, cada uno de estos con un largo, ancho y alto de 2 metros. Una vez allí, se inicia el llenado de la caja, para esto los residuos fueron homogenizados y extendidos uniformemente en la caja correspondiente hasta formar una capa con 10 cm de grosor, sobre este se agregó aserrín como material de soporte y se dispersaron los microorganismos eficientes antes preparados, este proceso se repite hasta llenar totalmente la caja. Una vez terminado este proceso se llenan los formatos con los materiales utilizados.

Una vez, transcurridos dos meses, se desarmó la caja y este material fue llevado a la zona de secado donde se dejó secar por 1 semana. Por último, una vez transcurrido este tiempo se empacó en sacos y almacenó el producto ya terminado.

7. Resultados y Discusiones

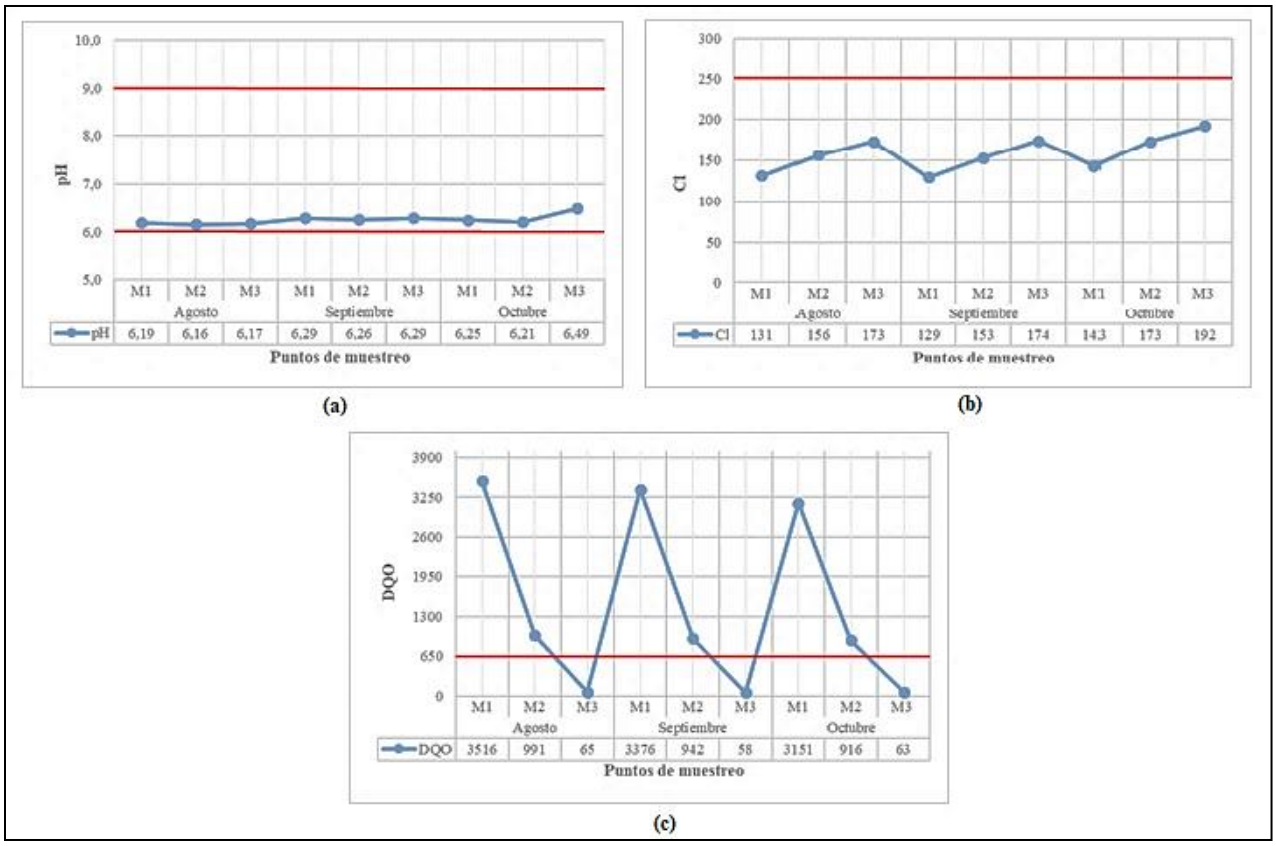
7.2.1 *Residuos líquidos.*

- **Determinación fisicoquímica.**

Las determinaciones fisicoquímicas realizadas en los tres puntos del sistema de la PTAR ayudan a controlar y monitorear internamente estos parámetros y así poder revisar la eficiencia del tratamiento del agua residual generada, a fin de dar cumplimiento a la Resolución 0631 del 2015 en cuanto a la calidad de los vertimientos.

La ilustración 4, recopila el promedio de los datos de la tabla 1 (Ver Anexo 1) de tres parámetros fundamentales (pH, cloruros y DQO) en el tratamiento de aguas residuales de una planta avícola. Cada punto de muestreo (M1, M2 y M3) representa un punto específico del sistema que integra la PTAR: Homogenización, tanques sedimentadores y vertimiento, respectivamente. La línea roja indica los límites establecidos por la Resolución 0631 de 2015 Art. 9.

Ilustración 4 *Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos promediados en los 3 puntos de muestreo de los sistemas que integran la PTAR (a) pH (b) Cloruros (c) DQO.*



Nota. Autor, 2024

La Ilustración 4a. muestra el comportamiento del pH en los 3 puntos, este se mantuvo estable a lo largo del tiempo, oscilando alrededor de un valor ligeramente ácido, cumpliendo así con los límites establecidos por la resolución. Este comportamiento es consistente con lo observado por Álvarez y Medina (2020), quienes también mencionan que las aguas residuales avícolas presentan valores de pH ligeramente ácidos debido a la alta presencia de compuestos orgánicos y la actividad biológica asociada al proceso. De acuerdo con el estudio de Kirk y Williams (2017) el pH puede estabilizarse durante el tratamiento fisicoquímico debido a la adición de productos como el Policloruro de Aluminio, que no afecta significativamente los valores de pH, contribuyendo al cumplimiento de las normativas ambientales.

Por otra parte, en la Ilustración 4b se observa el comportamiento de los Cloruros, los cuales presentaron una cierta variabilidad a lo largo del tiempo y entre los diferentes puntos de muestreo, aunque los niveles de cloruros permanecen por debajo del límite máximo, se observó un incremento en M3 respecto a M1, lo que sugiere que el tratamiento puede estar aportando cloruros al agua residual. Este comportamiento es respaldado por Singh y Sharma (2019), quienes encontraron que el uso de coagulantes como el Policloruro de Aluminio en el tratamiento de aguas residuales avícolas puede provocar un aumento de los niveles de cloruros debido a la naturaleza de los productos químicos utilizados. Sin embargo, los valores se mantuvieron dentro de los límites establecidos (250 mg/L), lo que es consistente con las normativas nacionales sobre efluentes industriales. Jiménez y Martínez (2016), también discuten el aumento de cloruros en aguas tratadas, sugiriendo que el uso continuo de estos productos podría llevar a la acumulación de cloruros a lo largo del tiempo, lo que constituye un riesgo potencial si no se monitorea adecuadamente.

Las altas cargas orgánicas con la que entran las aguas residuales al sistema se evidencian en el comportamiento de la muestra M1 de la Ilustración 4c, presentando valores que superan los 3500 mg O_2/L, en comparación con la muestra M2 en la cual se observó la notable reducción de la carga orgánica en respuesta al tratamiento fisicoquímico realizado. Este comportamiento se alinea con los hallazgos de Kirk y Williams (2017), quienes reportan una notable reducción de la carga orgánica después de aplicar tratamientos fisicoquímicos en aguas residuales avícolas. Asimismo, Singh y Sharma (2019), confirman que el tratamiento físico-químico puede reducir de manera efectiva la carga orgánica, especialmente mediante el uso de coagulantes y floculantes, lo cual contribuye al cumplimiento de los estándares ambientales, por último, los resultados de M3 muestran la eficacia del sistema de la PTAR de la Planta avícola, siendo estos datos menores a

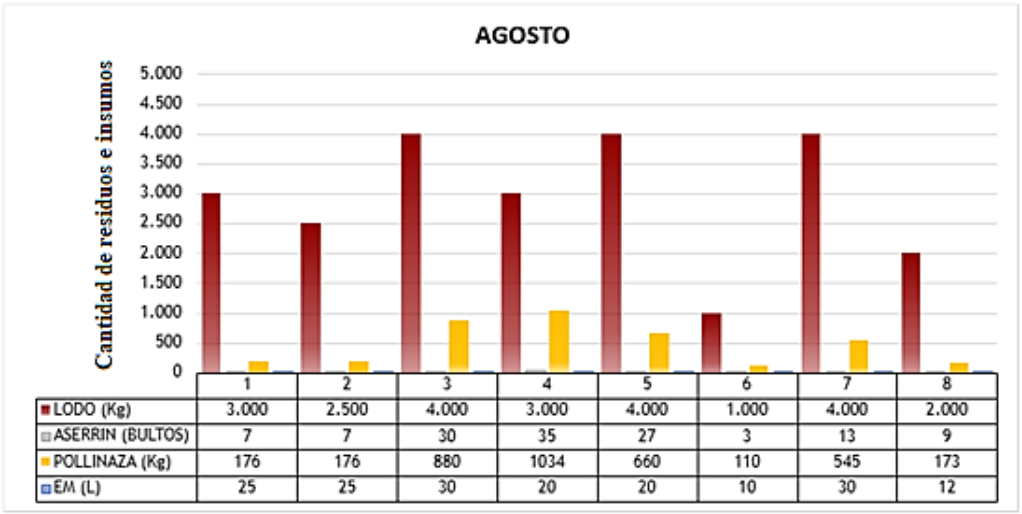
650 mg O_2/L, límite establecido por el Art. 9 de la Resolución 0631 de 2015, evidenciando así el cumplimiento de la misma.

7.2.2 *Residuos solidos*

- **Lodos residuales**

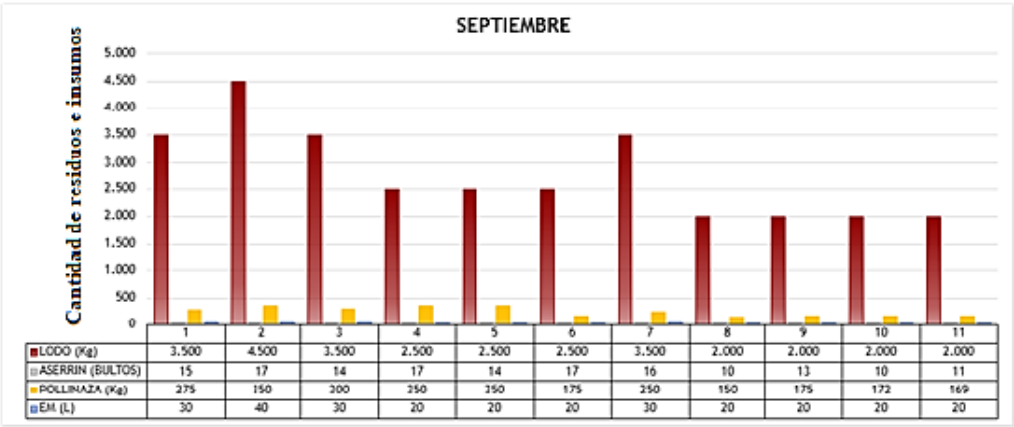
La ilustración 5, muestra la cantidad de lodo residual aprovechado **y** los insumos utilizados en el proceso de compostaje en un periodo de tres meses (agosto, septiembre y octubre). Los datos reflejan el manejo de los residuos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales, para ser transformados en un producto aprovechable mediante la técnica de compostaje.

Ilustración 5 *Cantidad de residuos (lodos residuales) e insumos (aserrín, pollinaza y EM) utilizados por pila compostada en un tiempo de tres meses.*



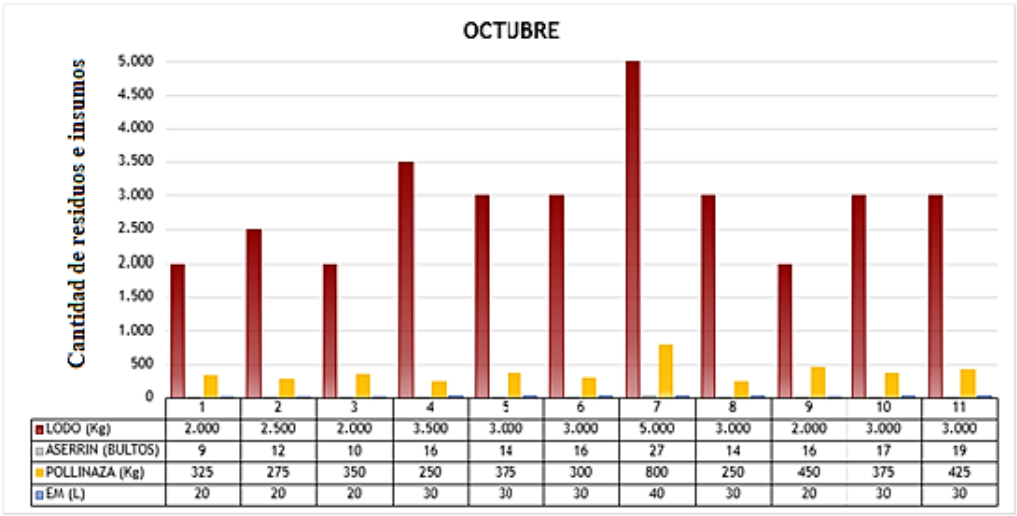
	1	2	3	4	5	6	7	8
LODO (Kg)	3.000	2.500	4.000	3.000	4.000	1.000	4.000	2.000
ASERRIN (BULTOS)	7	7	30	35	27	3	13	9
POLLINAZA (Kg)	176	176	880	1034	660	110	545	173
EM (L)	25	25	30	20	20	10	30	12

(a)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
LODO (Kg)	3.500	4.500	3.500	2.500	2.500	2.500	3.500	2.000	2.000	2.000	2.000
ASERRIN (BULTOS)	15	17	14	17	14	17	16	10	13	10	11
POLLINAZA (Kg)	275	150	300	250	350	175	250	150	175	172	169
EM (L)	30	40	30	20	20	20	30	20	20	20	20

(b)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
LODO (Kg)	2.000	2.500	2.000	3.500	3.000	3.000	5.000	3.000	2.000	3.000	3.000
ASERRIN (BULTOS)	9	12	10	16	14	16	27	14	16	17	19
POLLINAZA (Kg)	325	275	350	250	375	300	800	250	450	375	425
EM (L)	20	20	20	30	30	30	40	30	20	30	30

(c)

Nota. Autor, 2024

La Ilustración 5 ofrece un panorama detallado de la cantidad de residuos aprovechados y los insumos utilizados en el proceso de elaboración de las pilas en el proceso de compostaje durante los meses de agosto, septiembre y octubre. Es crucial destacar que los datos están directamente relacionados con el número de aves sacrificadas en cada período, lo que implica una variabilidad natural en las cantidades de residuos generados. Esta observación es consistente con lo señalado por Paz *et al.* (2019), quienes destacan que la variabilidad en la generación de residuos avícolas responde principalmente a cambios estacionales en la producción y la demanda del mercado.

Además, según Gupta y Basak (2021), esta variabilidad puede influir significativamente en la planificación y operación de sistemas de compostaje, requiriendo ajustes en las proporciones de insumos para garantizar la estabilidad del proceso.

La inoculación de microorganismos eficientes como *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus casei* y *Streptomyces spp.* ayudan a acelerar la descomposición y mejorar la calidad del compost final coincide con lo reportado por Arikan *et al.* (2020). Este estudio demostró que la adición de microorganismos eficientes mejora la descomposición de la materia orgánica, promoviendo una mayor actividad microbiana y la mineralización de nutrientes esenciales como el nitrógeno y el fósforo. Asimismo, Singh *et al.* (2018) encontraron que estos también reducen significativamente los tiempos necesarios para alcanzar temperaturas altas en el compost, lo que contribuye a un compost más seguro y de mejor calidad.

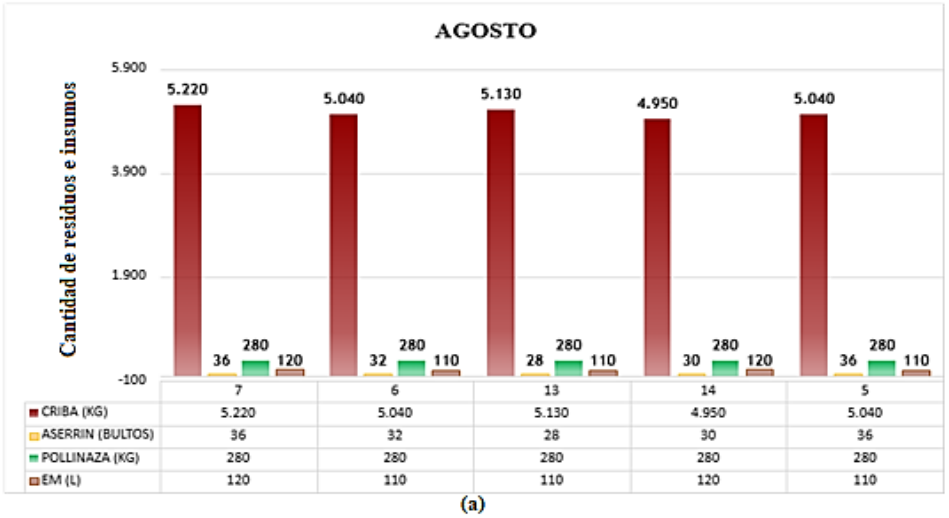
Los lodos residuales caracterizados por su riqueza en materia orgánica y nutrientes, pueden contener patógenos y compuestos tóxicos. Por ello, es fundamental realizar un control interno de parámetros clave como pH, temperatura y humedad durante los procesos de compostaje. Cabe destacar que estos controles no se efectúan en la PTAR de la Planta Avícola.

No obstante, el producto final ha sido sometido a análisis de metales pesados y pruebas microbiológicas en laboratorios externos (ver Anexo 2). Estos análisis han reportado resultados muy por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el Art. 5 del Decreto 1287 de 2014, clasificando el producto como un biosólido de categoría A.

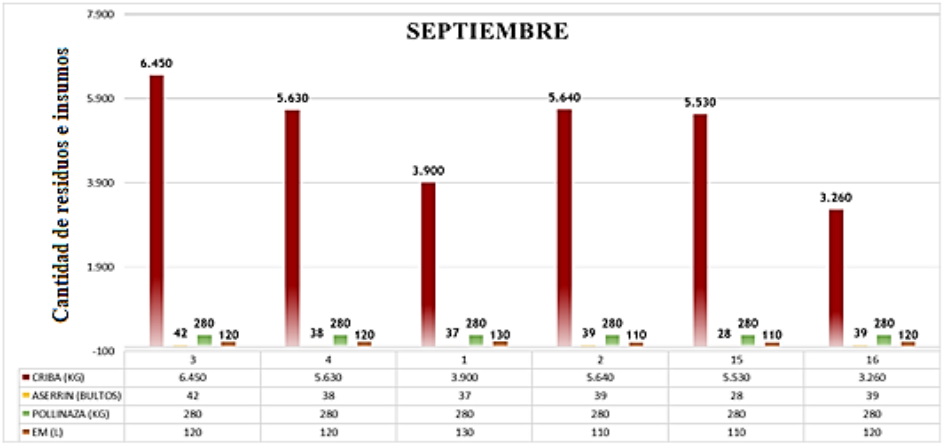
- **Pollinaza.**

La Ilustración 6, presenta el aprovechamiento de la pollinaza y los insumos utilizados en el proceso de compostaje durante los meses de agosto, septiembre y octubre. Estos resultados reflejan las variaciones en la cantidad de insumos utilizados y el aprovechamiento de la pollinaza para ser transformada en un producto aprovechable mediante la técnica de compostaje.

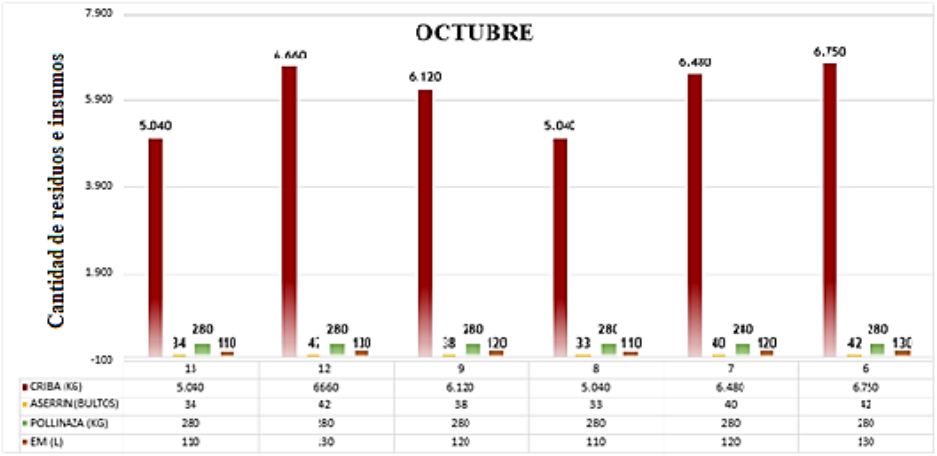
Ilustración 6 *Cantidad de residuos (pollinaza y criba) e insumos (aserrín y EM) utilizados por caja compostada en un tiempo de tres meses.*



(a)



(b)



(c)

Nota. Autor, 2024

La pollinaza, es un subproducto animal, esta puede contener una alta carga de patógenos y compuestos orgánicos biodegradables. García *et al.* (2020), mencionan que los residuos animales, incluida la pollinaza, presentan un alto riesgo ambiental y sanitario si no son manejados adecuadamente. Sin embargo, según Singh *et al.* (2018), el compostaje es una práctica efectiva para mitigar estos riesgos, ya que el proceso permite la descomposición de la materia orgánica y la reducción de patógenos. Además, la alta biodisponibilidad de nutrientes en la pollinaza la convierte en un insumo valioso para el compostaje si se maneja correctamente.

La estabilización de este residuo es crucial para eliminar o inactivar patógenos, garantizando así un compost seguro para su uso como fertilizante. Esto es respaldado por González y Pérez (2017), quienes encontraron que el uso de microorganismos eficientes durante el compostaje no solo estabiliza los residuos, sino que también reduce la presencia de microorganismos patógenos como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*

La eficiencia de estos microorganismos se puede evidenciar en los resultados contemplados en el Anexo 3, los cuales fueron realizados por un laboratorio externo; estos mostraron valores inferiores a los rangos establecidos por Resolución 150 de 2003.

- **Importancia de los microorganismos eficientes en ambos procesos de compostaje.**

El uso de microorganismos eficientes como *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus casei* y *Streptomyces spp.* es fundamental para optimizar el proceso de compostaje de residuos sólidos como los lodos residuales y la pollinaza. Estos microorganismos actúan de manera sinérgica en diferentes etapas del proceso: *S. cerevisiae* descompone azúcares simples y estabiliza el ambiente inicial liberando compuestos fermentativos que favorecen la actividad de otros microorganismos (Ballet *et al.*, 2023), además ayuda en la descomposición inicial de los

materiales ricos en carbohidratos presentes en los residuos y contribuye a reducir olores desagradables (Huang y Liang, 2023); *L. casei* produce ácido láctico que controla el pH, lo que favorece la acidificación inicial del material y reduce la proliferación de microorganismos patógenos, además actúa como agente antimicrobiano al producir compuestos como las bacteriocinas que inhiben el crecimiento de patógenos no deseados como *Escherichia coli* y *Salmonell*a (Rachwał y Gustaw, 2024), mejorando así la calidad del compost; mientras que *Streptomyces spp*. produce antibióticos como estreotomicinas, actinomicina y tetraciclina, los cuales son efectivos contra bacterias Grampositivas y Gramnegativas, estos compuestos son conocidos por la capacidad que tienen para inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos (Anderson y Cole, 2021), por último, contribuye a la descomposición de los materiales lignocelulósicos, como el aserrín, que actúa como material de soporte, transformándolos en compuestos más simples que enriquecen el compost final.

Los resultados de laboratorio mostrados en los Anexos 2 y 3 corresponden al año 2023, estos se utilizaron debido a que el laboratorio aún no ha emitido los resultados de las muestras mandadas a analizar para el año 2024. Cabe destacar que los resultados de los análisis del año 2023 cumplen con los estándares establecidos.

8. Conclusiones.

Teniendo en cuenta la determinación fisicoquímica realizada en los 3 puntos del sistema que integra la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Planta Avícola y a los residuos sólidos generados en esta, se concluye que:

- Los parámetros fisicoquímicos como pH, cloruros y DQO tomados de las muestras compuesta M1, M2 y M3 cumplieron con los establecido en el Art.9 (parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domesticas-ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades productivas de agroindustria y ganadería) en el apartado Ganadería, Ganadería de aves de corral beneficio de la Resolución 0631 de 2015.

- La inoculación de microorganismos como *Saccharomyces cerevisiae, Lactobacillus casei* y *Streptomyces spp***.** son esenciales para optimizar el proceso de compostaje. Estos microorganismos no solo aceleran la descomposición y estabilización de los residuos sólidos, sino que también producen compuestos que inhiben el crecimiento de patógenos y mejoran la calidad del producto final, asegurando que el compost cumpla con las normativas ambientales.

- La gestión integrada de los residuos líquidos y sólidos es fundamental para mitigar el impacto ambiental de las actividades avícolas. La implementación de estrategias sostenibles no solo reduce los riesgos de contaminación, sino que también transforma los residuos en recursos valiosos, como abonos orgánicos, que pueden reintegrarse al ciclo productivo agrícola.

9. Recomendaciones.

Realizar regularmente monitoreo internos de los parámetros como: pH, temperatura y humedad. Estos son indispensables para garantizar la estabilidad de los procesos, la eficiencia de los microorganismos y la calidad final del compost.

10. Lista de Referencias

Álvarez, S., y Medina, M. (2020). *Chemical and biological treatment processes for wastewater from poultry farms: A review*. Environmental Technology y Innovation, 17, 100541. https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100541

Alvarez-Vera, M., Largo, A., Iglesias-Abad, S., y Castillo, J. (2019). Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos. *Scientia Agropecuaria*, 10(3), 353–361. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.05

Arikan, O. A., Mulbry, W., y Rice, C. (2020). *Effects of microbial inoculants on poultry litter composting efficiency and pathogen reduction*. Waste Management, 102, 350-357. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.11.001

Baird, B., Eaton, D., y Rice, W. (Eds.). (2017). Standard methods for examination of water and wastewater: AWWA/ALPHA/WEF (23.a ed.). Laura L. Bridgewater. https://dastmardi.ir/Guides/Standard_Methods.pdf

Caldera, Y., Gutiérrez, E., Luengo, M., Chávez, J., y Ruesga, L. (2010). *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola*. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttextypid=s0798-22592010000400011

Caldera, Y., Sánchez, M., y Gutiérrez, E. (2017). Calidad física de aguas residuales de una industria avícola en un sistema de flotación por aire disuelto con coagulantes / physical quality of wastewater from a poultry industry in a system dissolved air flotation with coagulants. *Tecnocientífica URU*, *13*, 57-66. https://www.researchgate.net/profile/Edixon-

Gutierrez/publication/339629936_Calidad_fisica_de_aguas_residuales_de_una_industria_avicola_en_un_sistema_de_flotacion_por_aire_disuelto_con_coagulantes_Physical_quality_of_wastewater_from_a_poultry_industry_in_a_system_dissolved_ai/links/5e5d510d4585152ce80104ae/Calidad-fisica-de-aguas-residuales-de-una-industria-avicola-en-un-sistema-de-flotacion-por-aire-disuelto-con-coagulantes-Physical-quality-of-wastewater-from-a-poultry-industry-in-a-system-dissolved-ai.pdf

Díaz, F., Rodríguez, P., y Martínez, J. (2021). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos en efluentes industriales: Caso de aguas residuales avícolas*. Revista de Ingeniería y Tecnología Ambiental, 12(3), 48-59.

Delgado Arroyo, M. M., Mendoza López, K. L., González, M. I., Tadeo Lluch, J. L., y 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

Distraves S.A.S. (2024). Programa de Prerrequisitos-Agua Residual. PPR-AGUA RESIDUAL 2024.pdf

Fernández, M., Gómez, L., y Rodríguez, A. (2020). *Compostaje de residuos orgánicos: Aplicaciones y beneficios para la gestión ambiental*. Journal of Environmental Management, 98(5), 650-661.

Ferreira, J. A., y Silva, P. (2018). *El papel de los microorganismos eficientes en la gestión de residuos orgánicos*. Journal of Waste Management, 42(2), 100-112. https://doi.org/10.1016/j.jwm.2017.11.015

Fund, E. B.. (2021). Guía para el faenamiento de aves. https://www.ecobusiness.fund/es/. https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Rescursos/Guia_para_el_faenamiento_de_aves_con_resumen.pdf

Gallegos Morales, O. I. (2012). Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de una planta de procesos avícolas. *Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Ingenieria.*

García, J., Ruiz, M., y López, P. (2020). *Challenges in poultry waste management: Pathogens and nutrient content*. Waste Management Journal, 115, 345-355. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.001

Gómez, A., y López, J. (2019). *Comportamiento de la Pollinaza en procesos de tratamiento de aguas residuales*. Revista de Ingeniería Ambiental, 23(4), 156-165. https://doi.org/10.1016/j.ria.2019.02.005

González, H., y Pérez, L. (2017). *Stabilization of organic residues through microbial inoculants in composting systems.* Journal of Environmental Science and Technology, 54(2), 345-358.

González, F., y Pérez, A. (2017). *Gestión ambiental en la industria avícola: Impactos y soluciones*. Editorial Verde. https://doi.org/10.1234/56789

González, H., Pérez, R., y Sánchez, J. (2018). *Efecto de los cloruros en la calidad del agua y su relación con el tratamiento de aguas residuales*. Environmental Science and Technology, 33(2), 144-153.

Gupta, R., y Basak, P. (2021). *Seasonal impacts on poultry waste composting processes.* Environmental Engineering Research, 26(1), 50-60. https://doi.org/10.4491/eer.2020.345

Higa, T., y Parr, J. F. (1994). *Beneficial microorganisms for sustainable agriculture and the environment*. Springer.

Jiménez, J., y Martínez, L. (2016). *Impacto de los procesos de tratamiento físico-químicos en la calidad del agua residual en plantas avícolas.* Revista de Ingeniería y Tecnología Ambiental, 31(4), 24-35.

Kiely, G., (1999). Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión, *Mc Graw- Hill / interamericana de España, S.A.*, Vols. I, II Y III, 1331 pp.

Kirk, M., y Williams, M. (2017). *Treatment of poultry processing wastewater using coagulation-flocculation: Effectiveness and optimal chemical dosage.* Journal of Environmental Management, 203, 1062-1069. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.08.008

Lozada, P. T., Escobar, J. C., Vidal, A. P., Imery, R., V., Nates, P., Sánchez, G., Sánchez, M., y Bermúdez, A. (2005). The influence of amendment material on biosolid composting of sludge from a waste-water treatment plant. *Ingeniería E Investigación*, *25*(2), 53-61. https://doi.org/10.15446/ing.investig.v25n2.14637

Matsumura, E. M., y Mierzwa, J. C. (2008). Water conservation and reuse in poultry processing plant—A case study. *Resources, Conservation, and Recycling*, *52*(6), 835–842. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2007.10.002

Mora, G., Ruiz, C., y Torres, S. (2022). *Transformación de residuos sólidos en abono mediante compostaje: Aplicación a lodos y Pollinaza de planta avícola*. Ciencias Ambientales, 15(4), 215-230.

Nayak, A., y Bhushan, B. (2019). An overview of the recent trends on the waste valorization techniques for food wastes. *Journal of Environmental Management*, 233, 352–370. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.041

O'Dell, W. (1993). Method 410.4, Revision 2.0: The determination of chemical oxygen demand by SemiAutomated Colorimetry: *US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Environmental Monitoring Systems Laboratory: Cincinnati, Ohio, USA*. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method_410-4_1993.pdf

Paz, D., López, J., y Ruiz, M. (2019). *Dynamics of poultry waste generation and its implications for sustainable management*. Poultry Science Journal, 98(3), 445-455.

Pérez, M., y Gómez, A. (2016). *Uso de microorganismos eficientes en el compostaje de residuos orgánicos en la industria avícola*. Revista de Ciencias Ambientales, 18(3), 75-84. https://doi.org/10.1016/j.rca.2016.02.004

Román, P., Martínez, M. P., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/25737

Sánchez, R., Pérez, F., y Martínez, D. (2019). *Tratamiento de aguas residuales en la industria avícola: Estado del arte y perspectivas futuras*. Revista de Tecnología y Ciencias Ambientales, 14(1), 100-112.

Singh, J., Kaur, A., y Vig, A. P. (2018). *Role of effective microorganisms in enhancing the composting efficiency of poultry litter*. Waste and Biomass Valorization, 9(7), 1173-1183. https://doi.org/10.1007/s12649-017-9898-1

Singh, S., y Sharma, D. (2019). *Evaluation of physico-chemical treatment methods for the removal of organic load in poultry wastewater*. Water Science and Technology, 80(5), 823-835. https://doi.org/10.2166/wst.2019.343

Souza, L., y Silva, F. (2020). *Efectividad de los microorganismos eficientes en el tratamiento de residuos orgánicos en la industria avícola*. Brazilian Journal of Environmental Management, 31(3), 54-63. https://doi.org/10.1016/j.bjem.2020.04.004

11. Anexos

Anexo 1.

Tabla 1 *Resultados de los parámetros fisicoquímicos y sus promedios.*

	UNIDADES	Unidades de pH			Mg/L			mg/L O2		
	Rangos según Resolución 0631 De 2015	6,00 a 9,00			250,00			650,00		
AGOSTO	Fecha	pH			Cloruros			DQO		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
	1/08/2024	6,02	6,01	6,09	140	160	180	3.972	953	46
	5/08/2024	6,26	6,10	6,00	140	150	160	3.960	1032	40
	7/08/2024	6,22	6,35	6,01	130	210	200	4.359	1142	55
	8/08/2024	6,20	6,30	6,60	130	150	160	3.416	1160	125
	12/08/2024	6,18	5,90	6,40	140	160	180	2.480	935	128
	13/08/2024	6,30	6,22	6,10	130	150	160	3.039	1023	112
	14/08/2024	6,26	6,29	6,00	130	150	165	3.890	1036	52
	15/08/2024	6,10	6,24	6,33	130	140	170	3.330	970	46
	17/08/2024	6,12	6,20	6,26	130	140	160	4.589	1278	65
	19/08/2024	6,52	6,29	6,23	120	180	190	3.016	718	30
	20/08/2024	6,32	6,09	6,00	120	160	190	3.340	868	48
	21/08/2024	6,16	6,04	6,19	130	150	180	3.212	916	70
	22/08/2024	6,12	6,20	6,30	140	160	170	2.841	923	75
	23/08/2024	6,12	6,30	6,40	120	140	165	3.598	952	51
	26/08/2024	6,23	5,87	5,59	150	170	180	3.701	943	22
	27/08/2024	6,04	6,11	6,13	120	140	170	3.368	1055	64
	28/08/2024	6,13	6,20	6,23	130	150	160	3.654	945	70
	PROMEDIO	**6,19**	**6,16**	**6,17**	**131**	**156**	**173**	**3516**	**991**	**65**
SEPTIEMBRE	Fecha	pH			Cloruros			DQO		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
	3/09/2024	6,14	6,22	5,90	120	150	170	3.260	951	56
	4/09/2024	6,15	6,30	6,80	140	160	170	3.330	980	62
	5/09/2024	6,12	6,20	6,30	130	150	160	3.212	920	65
	6/09/2024	6,00	6,10	6,20	130	150	170	3.872	953	60
	16/09/2024	6,52	6,30	6,70	110	150	160	3.414	982	68
	19/09/2024	6,41	6,04	6,50	120	150	200	3.709	929	49
	23/09/2024	6,30	6,28	6,00	140	150	180	3.171	1031	34
	24/09/2024	6,32	6,28	6,42	130	150	170	3.288	884	75
	25/09/2024	6,28	6,50	6,01	130	160	180	3.340	860	48
	26/09/2024	6,65	6,38	6,18	140	160	180	3.036	922	53
	30/09/2024	6,30	6,28	6,15	130	150	170	3.505	948	72
	PROMEDIO	**6,29**	**6,26**	**6,29**	**129**	**153**	**174**	**3376**	**942**	**58**
OCTUBRE	Fecha	pH			Cloruros			DQO		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
	1/10/2024	6,10	5,90	6,12	130	165	200	3.477	981	69
	2/10/2024	6,38	6,15	6,29	140	160	180	2.603	851	50
	3/10/2024	6,10	6,20	6,18	140	150	170	2.707	1018	46
	7/10/2024	6,19	6,03	6,86	140	200	220	4.628	938	77
	8/10/2024	6,24	6,20	6,50	140	150	180	3.587	943	62

9/10/2024	6,12	6,15	6,84	130	160	180	2.059	765	38
10/10/2024	6,15	6,27	6,70	160	170	180	3.912	942	99
15/10/2024	6,25	6,06	6,68	140	170	190	3.675	931	63
16/10/2024	6,41	6,45	6,19	140	180	190	3.303	997	47
17/10/2024	6,28	6,24	6,68	150	180	200	3.341	1009	70
21/10/2024	6,32	6,10	6,01	130	180	190	2.520	930	48
22/10/2024	6,53	6,10	5,89	140	170	180	2.684	818	80
23/10/2024	6,15	6,00	6,60	130	160	170	3.085	790	37
24/10/2024	6,30	6,51	6,48	160	200	230	3.051	941	81
28/10/2024	6,25	6,51	6,48	140	190	230	3.123	886	59
29/10/2024	6,35	6,37	6,83	160	180	190	3.151	918	49
30/10/2024	6,18	6,29	6,78	150	170	180	3.160	967	84
31/10/2024	6,23	6,31	6,64	160	180	200	2.653	863	70
PROMEDIO	**6,25**	**6,21**	**6,49**	**143**	**173**	**192**	**3151**	**916**	**63**

Nota. Autor, 2024

Anexo 2. Resultados con laboratorio externo de análisis fisicoquímico y microbiológico del Abono de lodo.

Muestra	**MUESTRA 1-ABONO PTAR**		
Fecha de muestreo:	22 de septiembre de 2023	Matriz:	Compostaje-abono
Fecha de recepción:	22 de septiembre de 2023	Responsable de muestreo:	SOLICITANTE
Envase o empaque:	Plástico	Procedimiento de muestreo:	SOLICITANTE
Tipo de muestreo:	Puntual	Tamaño de la muestra:	1700 g
Condiciones de recepción de la muestra:	Refrigeradas	Plan de muestreo:	//
Observaciones //			

FECHA DE ANÁLISIS	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
18/11/2023 22/11/2023	ARSENICO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**2,822**	mg/Kg
7/10/2023	AZUFRE DISPONIBLE (VER ANEXO)[S]	IGAC 6a edición 2006	**2,760**	mg/Kg ss
20/10/2023 20/10/2023	BORO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**137,795**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	CADMIO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**< 1,500**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	CALCIO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**2274,316**	mg/Kg
30/09/2023	CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD	NTC 5167	**279,9**	%
2/10/2023	CARBONO ORGANICO TOTAL COT	DIGESTION	**13,5**	%
11/10/2023	CENIZAS	Gravimétrico	**23,17**	%
24/11/2023	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO CIC	Metodos analiticos - laboratorio nacional de suelos - 6a edicion 2006	**40,65**	meq/100g
18/11/2023 22/11/2023	COBRE (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**106,28**	mg/Kg
5/10/2023	CONDUCTIVIDAD	SM 2510 B Ed 23rd	**1534**	µs/cm
20/10/2023 20/10/2023	CROMO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**52,202**	mg/Kg
2/10/2023	DENSIDAD	Gravimétrico	**0,30**	g/ ml
12/10/2023	FOSFORO TOTAL	NTC 5350 Bray II	**0,76**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	HIERRO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**9856,780**	mg/Kg
28/09/2023	HUMEDAD	ISO 11465:2011	**6,68**	%
20/10/2023 20/10/2023	MAGNESIO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**< 75,000**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	MANGANESO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**86,063**	mg/Kg
11/10/2023	MERCURIO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 7471 B, SM 3112 B	**2,74**	mg/Kg ss
20/10/2023 20/10/2023	NIQUEL (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**6,11**	mg/Kg
2/10/2023	NITROGENO ORGANICO	Cálculo	**1,51**	mg/Kg
4/10/2023	NITROGENO TOTAL	Kjeldahl. Titulometria	**2,15**	mg/Kg
11/10/2023	PERDIDAS POR VOLATILIZACION	Cálculo	**76,83**	%
5/10/2023	PH	NTC 5264	**6,88**	Unidades de pH

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Código	R - PSA-008	Versión	0.4	Fecha	10/02/2020	Página	1 de 3

Nota. Siama, 2023

Muestra	**MUESTRA 1-ABONO PTAR**		
Fecha de muestreo:	22 de septiembre de 2023	Matriz:	Compostaje-abono
Fecha de recepción:	22 de septiembre de 2023	Responsable de muestreo:	SOLICITANTE
Envase o empaque:	Plástico	Procedimiento de muestreo:	SOLICITANTE
Tipo de muestreo:	Puntual	Tamaño de la muestra:	1700 g
Condiciones de recepción de la muestra:	Refrigeradas	Plan de muestreo:	//
Observaciones //			

FECHA DE ANÁLISIS	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
20/10/2023 20/10/2023	PLOMO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**< 1,50**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	POTASIO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**1854,348**	mg/Kg
4/10/2023	RELACION C/N	Cálculo	**6,28**	-
20/10/2023 20/10/2023	SODIO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**306,158**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	ZINC (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**< 45,000**	mg/Kg
22/09/2023 23/09/2023	COLIFORMES TERMOTOLERANTES-ANTERIORMENTE COLIFORMES FECALES	SM 9222 D (Ed. 23rd)	**<1**	UFC / g de biosólido (Base seca)
22/09/2023 25/09/2023	FAGOS SOMÁTICOS	SM 9224 B Modificado	**<100**	UFP / g de biosólido (Base seca)
22/09/2023 27/10/2023	HUEVOS DE HELMINTOS VIABLES	Norma oficial mexicana NOM-004 SEMARNAT-2002	**<1**	HHV / 4 g de biosólido (Base seca)
22/09/2023 25/09/2023	SALMONELLA spp	ISO 6579-1 (2017) Modificado	**Ausencia**	Ausencia o Presencia / 25 g de biosólido (Base seca)

[A] Variables realizadas en SIAMA. acreditadas por IDEAM Resolución 1277 de 2019, extensión Resolución 0150 de 2020,extensión Resolución 0743 de 2023, extensión Resolución 0977 de 2023.
[S] Variables subcontratadas
[A] [S] Variables subcontratadas con laboratorio acreditado
SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 23th.
ND = No detectado.
ss= suelo seco

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Código	R - PSA-008	Versión	0.4	Fecha	10/02/2020	Página	2 de 3

Nota. Siama, 2023

Metales Totales por ICP/MS

Identificación SGS			BO2308904.001	BO2308904.002
Matriz			Sólido - Suelos	Sólido - Suelos
Muestreado por			CLIENT	CLIENT
Especificación del Producto Cliente			225333	225336
Identificación de la Muestra - Cliente			225333	225336
Lugar de Muestreo			225333	225336
Fecha de Muestreo			2023-09-22	2023-09-22
	L.C.M	Fec.Ejecución Análisis		
Boro Total (mg B/Kg) (A)	45.000	2023-10-20 - 2023-10-20	137.795	135.651
Cadmio Total (mg Cd/Kg) (A)	1.500	2023-10-20 - 2023-10-20	<1.500	<1.500
Calcio Total (mg Ca/Kg) (A)	75.000	2023-10-20 - 2023-10-20	2274.316	5582.599
Cromo Total (mg Cr/Kg) (A)	1.500	2023-10-20 - 2023-10-20	52.202	14.866
Hierro Total (mg Fe/Kg) (A)	45.000	2023-10-20 - 2023-10-20	9856.780	1726.764
Magnesio Total (mg Mg/Kg) (A)	75.000	2023-10-20 - 2023-10-20	<75.000	<75.000
Manganeso Total (mg Mn/Kg) (A)	1.500	2023-10-20 - 2023-10-20	86.063	70.148
Níquel Total (mg Ni/Kg) (A)	1.500	2023-10-20 - 2023-10-20	6.114	<1.500
Plomo Total (mg Pb/Kg) (A)	1.50	2023-10-20 - 2023-10-20	<1.50	<1.50
Potasio Total (mg K/Kg) (A)	75.000	2023-10-20 - 2023-10-20	1854.348	1580.428
Sodio Total (mg Na/Kg) (A)	75.000	2023-10-20 - 2023-10-20	306.158	747.939
Zinc Total (mg Zn/Kg) (A)	45.000	2023-10-20 - 2023-10-20	<45.000	<45.000

Nota. Siama, 2023

Metales Totales por ICP/MS

Identificación SGS			BO2309861.001
Matriz			**Sólido - Suelos
Muestreado por			**CLIENT
Lugar de Muestreo			**
Identificación de la Muestra - Cliente			**225333
Fecha de Muestreo			**2023-09-22
	L.C.M	Fec.Ejecución Análisis	
Arsénico Total (mg As/Kg) (A)	1.500	2023-11-18 - 2023-11-22	2.822
Cobre Total (mg Cu/Kg) (A)	1.50	2023-11-18 - 2023-11-22	106.28

Nota. Siama, 2023

Reporte de Resultados

Item	Fecha de Análisis (AAAA-MM-DD)	Parámetro	Método	Técnica	Límite de Cuantificación	Unidad	225333 MS393695	225336 MS393696
1	2023-10-07	Azufre Disponible	IGAC / Extraccion Monofosfato de Calcio 0.008M	IGAC / Extraccion Monofosfato de Calcio 0.008M , Extracción, Turbidimetría	2,0	mg/kg ss	2,76	2,88
2	2023-10-11	Mercurio Total*	EPA 7471B, SM 3112 B	EPA 7471B, SM 3112 B, Espectrofotometría de Absorción Atómica - Vapor frio	0,200	mg/kg ss	2,74 +/- 0,0617	2,41 +/- 0,0542

Nota. Siama, 2023

Anexo 3. Resultados con laboratorio externo de análisis fisicoquímico y microbiológico del Abono de Pollinaza.

Muestra	**MUESTRA 4-ABONO POLLINAZA**		
Fecha de muestreo:	22 de septiembre de 2023	Matriz:	Compostaje-abono
Fecha de recepción:	22 de septiembre de 2023	Responsable de muestreo:	SOLICITANTE
Envase o empaque:	Plástico	Procedimiento de muestreo:	SOLICITANTE
Tipo de muestreo:	Puntual	Tamaño de la muestra:	2000 g
Condiciones de recepción de la muestra:	Refrigeradas	Plan de muestreo:	//
Observaciones //			

FECHA DE ANÁLISIS	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
7/10/2023	AZUFRE DISPONIBLE (VER ANEXO)[S]	IGAC 6a edición 2006	**2,880**	mg/Kg ss
20/10/2023 20/10/2023	BORO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A - EPA 200.8	**135,651**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	CALCIO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A, SM 3111 B ED 23rd	**5582,599**	mg/Kg
30/09/2023	CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD	NTC 5167	**137,5**	%
2/10/2023	CARBONO ORGANICO TOTAL COT	DIGESTION	**11,7**	%
11/10/2023	CENIZAS	Gravimétrico	**14,86**	%
24/11/2023	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO CIC	Metodos analiticos - laboratorio nacional de suelos - 6a edicion 2006	**27,49**	meq/100g
18/11/2023 22/11/2023	COBRE (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A, EPA 200.8	**60,39**	mg/Kg
5/10/2023	CONDUCTIVIDAD	SM 2510 B Ed 23rd	**1157**	µs/cm
2/10/2023	DENSIDAD	Gravimétrico	**0,29**	g/ ml
12/10/2023	FOSFORO TOTAL	NTC 5350 Bray II	**1,22**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	HIERRO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A, SM 3111 B ED 23rd	**1726,764**	mg/Kg
28/09/2023	HUMEDAD	ISO 11465:2011	**21,07**	%
20/10/2023 20/10/2023	MAGNESIO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A, SM 3111 B ED 23rd	**< 75,000**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	MANGANESO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A, SM 3111 B ED 23rd	**70,148**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	NIQUEL (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A, SM 3111 B ED 23rd	**< 1,500**	mg/Kg
2/10/2023	NITROGENO ORGANICO	Cálculo	**1,12**	%
4/10/2023	NITROGENO TOTAL	Kjeldahl. Titulometria	**1,60**	mg/Kg
11/10/2023	PERDIDAS POR VOLATILIZACION	Cálculo	**85,14**	%
5/10/2023	PH	NTC 5264	**7,77**	Unidades de pH
20/10/2023 20/10/2023	PLOMO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A, SM 3111 B ED 23rd	**< 1,500**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	POTASIO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A, SM 3111 B ED 23rd	**1580,43**	mg/Kg

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Nota. Siama, 2023

Muestra	**MUESTRA 4-ABONO POLLINAZA**		
Fecha de muestreo:	22 de septiembre de 2023	Matriz:	Compostaje-abono
Fecha de recepción:	22 de septiembre de 2023	Responsable de muestreo:	SOLICITANTE
Envase o empaque:	Plástico	Procedimiento de muestreo:	SOLICITANTE
Tipo de muestreo:	Puntual	Tamaño de la muestra:	2000 g
Condiciones de recepción de la muestra:	Refrigeradas	Plan de muestreo:	//

Observaciones //

FECHA DE ANÁLISIS	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
4/10/2023	RELACION C/N	Cálculo	**7,31**	-
20/10/2023 20/10/2023	SODIO (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A ; 2007/ EPA 200.8 Rev 5.4.	**747,939**	mg/Kg
20/10/2023 20/10/2023	ZINC (VER ANEXO)[A][S]	EPA 3051 A, SM 3111 B ED 23rd	**< 45,000**	mg/Kg
22/09/2023 23/09/2023	COLIFORMES TERMOTOLERANTES-ANTERIORMENTE COLIFORMES FECALES	SM 9222 D (Ed. 23rd)	**<1**	UFC / g de biosólido (Base seca)
22/09/2023 25/09/2023	FAGOS SOMÁTICOS	SM 9224 B Modificado	**<100**	UFP / g de biosólido (Base seca)
22/09/2023 27/09/2023	HUEVOS DE HELMINTOS VIABLES	Norma oficial mexicana NOM-004 SEMARNAT-2002	**<1**	HHV / 4 g de biosólido (Base seca)
22/09/2023 25/09/2023	SALMONELLA spp	ISO 6579-1 (2017) Modificado	**Ausencia**	Ausencia o Presencia / 25 g de biosólido (Base seca)

[A] Variables realizadas en SIAMA. acreditadas por IDEAM Resolución 1277 de 2019, extensión Resolución 0150 de 2020, extensión Resolución 0743 de 2023, extensión Resolución 0977 de 2023.
[S] Variables subcontratadas
[A] [S] Variables subcontratadas con laboratorio acreditado
SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 23th.
ND = No detectado.
ss= suelo seco

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Nota. Siama, 2023

Metales Totales por ICP/MS

Identificación SGS			BO2308904.001	BO2308904.002
Matriz			Sólido - Suelos	Sólido - Suelos
Muestreado por			CLIENT	CLIENT
Especificación del Producto Cliente			225333	225336
Identificación de la Muestra - Cliente			225333	225336
Lugar de Muestreo			225333	225336
Fecha de Muestreo			2023-09-22	2023-09-22
	L.C.M	Fec.Ejecución Análisis		
Boro Total (mg B/Kg) (A)	45.000	2023-10-20 - 2023-10-20	137.795	135.651
Cadmio Total (mg Cd/Kg) (A)	1.500	2023-10-20 - 2023-10-20	<1.500	<1.500
Calcio Total (mg Ca/Kg) (A)	75.000	2023-10-20 - 2023-10-20	2274.316	5582.599
Cromo Total (mg Cr/Kg) (A)	1.500	2023-10-20 - 2023-10-20	52.202	14.866
Hierro Total (mg Fe/Kg) (A)	45.000	2023-10-20 - 2023-10-20	9856.780	1726.764
Magnesio Total (mg Mg/Kg) (A)	75.000	2023-10-20 - 2023-10-20	<75.000	<75.000
Manganeso Total (mg Mn/Kg) (A)	1.500	2023-10-20 - 2023-10-20	86.063	70.148
Níquel Total (mg Ni/Kg) (A)	1.500	2023-10-20 - 2023-10-20	6.114	<1.500
Plomo Total (mg Pb/Kg) (A)	1.50	2023-10-20 - 2023-10-20	<1.50	<1.50
Potasio Total (mg K/Kg) (A)	75.000	2023-10-20 - 2023-10-20	1854.348	1580.428
Sodio Total (mg Na/Kg) (A)	75.000	2023-10-20 - 2023-10-20	306.158	747.939
Zinc Total (mg Zn/Kg) (A)	45.000	2023-10-20 - 2023-10-20	<45.000	<45.000

Nota. Siama, 2023

Metales Totales por ICP/MS

Identificación SGS			BO2309862.001
Matriz			**Sólido - Suelos
Muestreado por			**CLIENT
Lugar de Muestreo			**
Identificación de la Muestra - Cliente			**225336
Fecha de Muestreo			**2023-09-22
	L.C.M	Fec.Ejecución Análisis	
Cobre Total (mg Cu/Kg) (A)	1.50	2023-11-18 - 2023-11-22	60.39

Nota. Siama, 2023

Reporte de Resultados

Item	Fecha de Análisis (AAAA-MM-DD)	Parámetro	Método	Técnica	Límite de Cuantificación	Unidad	225333	225336
							MS393695	MS393696
1	2023-10-07	Azufre Disponible	IGAC / Extraccion Monofosfato de Calcio 0.008M	IGAC / Extraccion Monofosfato de Calcio 0.008M , Extracción, Turbidimetría	2,0	mg/kg ss	2,76	2,88
2	2023-10-11	Mercurio Total*	EPA 7471B, SM 3112 B	EPA 7471B, SM 3112 B, Espectrofotometría de Absorción Atómica - Vapor frio	0,200	mg/kg ss	2,74 +/- 0,0617	2,41 +/- 0,0542

Nota. Siama, 2023