



**Apoyo al área de gestión ambiental y la gestión de biosólido en la Planta de Tratamiento de
Aguas Residuales Aguas Claras**

Nathalia Andrea Navarro Buelvas

Ingeniería Ambiental

Asesor Interno

Carlos Esteven Pulgarín Muñoz

Docente Escuela Ambiental Facultad de Ingeniería

Asesor Externo

Sebastián David Pescador Romero

Profesional Ambiental Aguas Nacionales S.A E.S. P

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Universidad de Antioquia

Medellín

2023

Cita	(Navarro, 2023)
Referencia	Navarro, N. A. (2023). <i>Apoyo al área de gestión ambiental y la gestión de biosólido en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Aguas Claras</i> . [Semestre de industria]. Universidad de Antioquia, Medellín
Estilo APA 7 (2020)	



Créditos a Aguas Nacionales SA ESP, Sebastián David Pescador Romero, Equipo de gestión Biosólido y gestión ambiental de Aguas Nacionales, Carlos Esteven Pulgarín, Rubis Ester Buelvas Hoyos y Miller Joel Gordo Torres.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: Jhon Jairo Arboleda Céspedes

Decano/director Facultad de Ingeniería: Jesús Francisco Vargas Bonilla

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi familia, que me han estado apoyando desde el primer día en este proyecto.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento a Aguas Nacionales SA ESP por permitirme desarrollar el semestre de industria y aplicar los conocimientos adquiridos en mi etapa académica, a el equipo de gestión ambiental y biosólidos, especialmente, al Profesional Ambiental Sebastián David Pescador Romero, por brindarme sus conocimientos, guía y recomendaciones, también, a mi asesor Carlos Esteven Pulgarín Muñoz por su paciencia, guía y sus correcciones precisas durante todo este proceso. Finalmente, quiero agradecer a mi familia por los consejos y su apoyo incondicional desde lejos y a Miller Gordo Torres por su apoyo, entrega y soporte incondicional en todo momento.

Tabla de contenido

Resumen	13
Abstract	14
Introducción.....	15
1 Objetivos.....	20
<i>1.1 Objetivo general.....</i>	<i>20</i>
<i>1.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>20</i>
2 Marco teórico	21
<i>2.1 Plan de manejo ambiental.....</i>	<i>21</i>
<i>2.2 Cultura ambiental.....</i>	<i>22</i>
<i>2.3 Plan de manejo integral de residuos sólidos</i>	<i>23</i>
<i>2.4 Biosólidos.....</i>	<i>24</i>
3 Metodología.....	26
<i>3.1 Apoyo al sistema de gestión ambiental de la PTAR Aguas Claras.....</i>	<i>27</i>
3.1.1 Gestión de residuos sólidos.	27
3.1.1.1 Seguimiento y evaluación de la separación en la fuente de los residuos sólidos.....	27
3.1.1.2 Supervisión de la separación en la fuente.	28
3.1.1.2.1 Seguimiento de la separación en la fuente.....	29
3.1.1.2.2 Evaluación de la separación en la fuente.....	29
3.1.1.3 Seguimiento y evaluación de la separación de residuos sólidos en las oficinas del edificio de operaciones EDO e Interventoría.	30
3.1.1.3.1 Seguimiento y evaluación de la separación en oficinas.....	30
3.1.1.4 Seguimiento a la generación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos. .	31
3.1.1.4.1 Seguimiento a la generación y almacenamiento de residuos peligrosos.	31
3.1.1.4.2 Seguimiento a la recolección externa de residuos peligrosos.....	32
Evaluación de la generación de residuos peligrosos.	32
3.1.1.5 Seguimiento del almacenamiento y recolección de residuos aprovechables.	32
3.1.1.6 Seguimiento a la generación de residuos ordinarios y arenas.....	33

3.1.2	Apoyo al fomento y evaluación de la cultura ambiental	34
3.1.2.1	Flyers con temáticas y fechas ambientales.	34
3.1.2.2	Capacitaciones ambientales.	35
3.1.2.2.1	Procedimiento para la realización de capacitaciones ambientales.....	35
3.1.3	Apoyo a la gestión documental	36
3.1.3.1	Seguimiento a la generación de datos diarios para caudal de entrada, salida y recirculación.	36
3.1.3.1.1	Generación de datos de caudales diarios DSC.	36
3.1.3.1.2	Seguimiento a los datos de caudales diarios.....	37
3.1.3.2	Diligenciamiento de datos de precipitación (Estaciones SIATA).....	37
3.1.3.3	Seguimiento de la información Reportes Calidad del Agua.	38
3.1.3.4	Diligenciamiento de los Indicadores Ambientales.....	39
3.1.4	Identificación de aspectos e impactos ambientales	40
3.1.4.1	Construcción de la matriz CONESA de aspectos e impactos ambientales	40
3.1.4.1.1	Procedimiento de construcción de Matriz CONESA.	40
3.2	<i>Apoyo a la Gestión Biosólidos de la PTAR Aguas Claras</i>	41
3.2.1	Seguimiento del transporte de biosólido húmedo y seco.....	41
3.2.1.1	Reporte diario de programación biosólidos y disponibilidad de vehículos.	41
3.2.1.1.1	Procedimiento para realizar el reporte diario.....	42
3.2.1.2	Seguimiento al transporte de biosólido en campo.	44
3.2.1.2.1	Procedimiento para el seguimiento de transporte biosólido.	44
3.2.2	Seguimiento a los informes de caracterización del biosólido (húmedo/seco) y cálculo de la tasa anual de la aplicación de biosólidos TAAB	45
3.2.2.1	Procedimiento caracterización y calculo TAAB.....	45
3.2.3	Elaboración de la trazabilidad del cálculo de TAAB de metales en los predios inscritos.....	46
3.2.3.1	Procedimiento para realizar trazabilidad.....	46
3.2.4	Actualización del estado de los predios inscritos en el programa de uso responsable del biosólido.	47
3.2.4.1	Procedimiento para actualización de predios.....	47
3.2.4.2	Apoyo al fomento del uso del biosólido.	48
3.2.5	Apoyo a la gestión documental del área de biosólidos.....	49
3.2.5.1	Elaboración y modificación y verificación de remisiones de viajes.	49
3.2.5.2	Diligenciamiento de actas de consumo de combustible Urea y Diesel.....	50
3.2.5.3	Organización y archivo de documentación de conductores.....	50

3.2.6	Visitas de viabilización de los predios interesados en el programa de Uso Responsable del Biosólido.....	50
3.2.6.1	Procedimiento para las visitas de viabilización de predios.....	51
4	Resultados.....	52
4.1	<i>Apoyo al sistema de gestión ambiental de la PTAR Aguas Claras.....</i>	52
4.1.1	Gestión de residuos sólidos	52
4.1.1.1	Seguimiento y evaluación de la separación en la fuente de los residuos sólidos.....	52
4.1.1.2	Seguimiento y evaluación de la separación de residuos sólidos de las oficinas del edificio de operaciones EDO e Interventoría.	54
4.1.1.3	Seguimiento a la generación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos. .	55
4.1.1.4	Seguimiento del almacenamiento y recolección de residuos aprovechables.	55
4.1.1.5	Seguimiento a la generación de residuos ordinarios y arenas.....	56
4.1.2	Apoyo al fomento y evaluación de la cultura ambiental.	57
4.1.2.1	Flyers con temáticas y fechas ambientales.	57
4.1.2.2	Capacitaciones ambientales.	58
4.1.3	Apoyo a la gestión documental	58
4.1.3.1	Seguimiento a la generación de datos diarios para caudal de entrada, salida y recirculación.....	59
4.1.3.2	Diligenciamiento de datos de precipitación (Estaciones SIATA).....	61
4.1.3.3	Seguimiento de la información reportes calidad del agua.	61
4.1.4	Identificación de aspectos e impactos ambientales	63
4.1.4.1	Construcción de la matriz CONESA de aspectos e impactos ambientales.	63
4.2	<i>Apoyo a la Gestión Biosólidos de la PTAR Aguas Claras</i>	64
4.2.1	Seguimiento del transporte de biosólido húmedo y seco.....	64
4.2.1.1	Reporte diario de la programación biosólidos y disponibilidad de vehículos.....	64
4.2.1.2	Seguimiento al transporte de biosólido en campo.	65
4.2.2	Seguimiento a los informes de caracterización del biosólido (húmedo/seco) y cálculo de la tasa anual de la aplicación de biosólidos TAAB.	66
4.2.3	Elaboración de la trazabilidad del cálculo de TAAB de metales en los inscritos.....	67
4.2.4	Actualización del estado de los predios inscritos en el programa de uso responsable del biosólido.	68
4.2.5	Apoyo al fomento del uso del biosólido	69

4.2.6	Visitas de viabilización de los predios interesados en el programa de Uso Responsable del Biosólido.....	70
5	Análisis.....	72
5.1	<i>Apoyo a la gestión ambiental de la PTAR Aguas Claras.....</i>	72
5.1.1	Gestión de residuos sólidos	72
5.1.1.1	Seguimiento y evaluación de la separación en la fuente de residuos sólidos.	72
5.1.1.2	Seguimiento y evaluación de la separación de residuos sólidos del edificio de operaciones EDO e Interventoría.	73
5.1.1.3	Seguimiento a la generación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos. .	73
5.1.1.4	Seguimiento del almacenamiento y recolección de residuos aprovechables.	74
5.1.1.5	Seguimiento a la generación de residuos ordinarios y arenas.....	75
5.1.2	Apoyo al fomento de la cultura ambiental.....	75
5.1.2.1	Flyers con temáticas y fechas ambientales.	75
5.1.2.2	Capacitaciones ambientales.	76
5.1.3	Apoyo a la gestión documental	76
5.1.3.1	Seguimiento a la generación de datos diarios para caudal de entrada, salida y recirculación.....	76
5.1.3.2	Diligenciamiento de datos de precipitación (Estaciones SIATA).....	77
5.1.3.3	Seguimiento de la información reportes calidad del agua.	77
5.1.4	Identificación de aspectos e impactos ambientales	78
5.1.4.1	Construcción de la matriz CONESA de aspectos e impactos ambientales.	78
5.2	<i>Apoyo a la Gestión Biosólidos de la PTAR Aguas Claras</i>	79
5.2.1	Seguimiento del transporte de biosólido húmedo y seco.....	79
5.2.1.1	Reporte diario de la programación biosólidos y disponibilidad de vehículos.....	79
5.2.1.2	Seguimiento al transporte de biosólido en campo.	81
5.2.2	Seguimiento a los informes de caracterización del biosólido (húmedo/seco) y cálculo de la tasa anual de la aplicación de biosólido TAAB.....	81
5.2.3	Elaboración de la trazabilidad del cálculo TAAB de metales pesados en los predios.....	82
5.2.4	Actualización del estado de los predios inscritos en el Programa de Uso Responsable del Biosólido.....	82
5.2.5	Apoyo al fomento del uso del biosólido.....	83
5.2.6	Visitas de viabilización de predios para Programa de Uso Responsable del Biosólido.	83

6 Conclusiones..... 85

7 Referencias 87

8 Anexos..... 90

Lista de tablas

Tabla 1. Calificación cualitativa separación en oficinas	30
Tabla 2. Balance viajes de volquetas propias.....	64
Tabla 3. Balance viajes de volquetas particulares.....	64
Tabla 4. Balance viajes de volquetas contratadas OLT.....	65
Tabla 5. Caracterización biosólido julio.....	66
Tabla 6. Cálculo TAAB para biosólido húmedo.....	66
Tabla 7. Cálculo TAAB para biosólido seco.....	67

Lista de figuras

Figura 1. Metodología de trabajo	26
Figura 2. Ubicación de los puntos ecológicos.....	27
Figura 3. Punto ecológico EDO 2do Piso	28
Figura 4. Sistema de calificación por caras.....	30
Figura 5. Manifiesto de gran generador	34
Figura 6. Formato reporte diario biosólido	42
Figura 7. Puntuación de separación en puntos ecológicos por mes	52
Figura 8. Flyers sobre el manejo de cortopunzantes	57
Figura 9. Flyer sobre Día Internacional contra el Cambio Climático	57
Figura 10. Importancia (I) matriz CONESA.....	63
Figura 11. Trazabilidad predio Chaquiral - Santa Rosa de Osos	68

Lista de gráficos

Gráfico 1. Separación en puntos ecológicos mayo, junio, julio y agosto.....	53
Gráfico 2. Promedio de puntos ecológicos de mayo hasta agosto	54
Gráfico 3. Generación de residuos peligrosos.....	55
Gráfico 4. Residuos aprovechables	55
Gráfico 5. Recolección de ordinarios y arenas.....	56
Gráfico 6. Número de asistentes capacitaciones residuos.....	58
Gráfico 7. Caudal BR y Venturi promedio.....	59
Gráfico 8. Diferencial de caudal promedio (Venturi- BR).....	60
Gráfico 9. Caudal efluente promedio	60
Gráfico 10. Caudal BR vs precipitación acumulada	61
Gráfico 11. Promedio demanda bioquímica de oxígeno BDO5.....	62
Gráfico 12. Solidos suspendidos totales SST.....	62
Gráfico 13. Viajes de biosólido húmedo y seco.....	65
Gráfico 14. Consolidado estado de predios.....	69

Lista de Anexos

Anexo 1. Formato de control interno puntos ecológicos	90
Anexo 2. Formato de control interno oficinas	90
Anexo 3. Formato de control interno generación de residuos peligrosos.....	91
Anexo 4. Formato de recolección externa de residuos peligrosos.....	91
Anexo 5. Evidencia fotográfica recolección de residuos peligrosos	92
Anexo 6. Formato de control interno para la generación de residuos aprovechables.....	92
Anexo 7. Evidencia fotográfica recolección de residuos aprovechables.....	93

Anexo 8. Formato de control interno para la generación de residuos ordinarios y arenas	93
Anexo 9. Formato de Brief creativo.....	94
Anexo 10. Formato de asistencia capacitaciones.....	95
Anexo 11. Formato de caudales de recirculación, BR y Venturi.....	95
Anexo 12. Formato de caudales diarios	96
Anexo 13. Formato de precipitación diaria.....	97
Anexo 14. Reportes de ensayo calidad del agua.....	97
Anexo 15. Control reportes calidad del agua.....	98
Anexo 16. Registro kilometraje GPS flota volquetas	98
Anexo 17. Control de transporte de biosólido en campo.....	99
Anexo 18. Caracterización mensual biosólido.....	99
Anexo 19. Calculo TAAB del biosólido.....	99
Anexo 20. Formato de cálculo de trazabilidad del biosólido.....	100
Anexo 21. Formato informe de trazabilidad de biosólido	100
Anexo 22. Formato actas de consumo de combustible.....	101
Anexo 23. Evidencia fotográfica capacitaciones	101
Anexo 24. Folleto digital Gestión del Biosólido.....	102
Anexo 25. Evidencia Fotográfica visita a predio.....	103

Siglas, acrónimos y abreviaturas

EPM	Empresas públicas de Medellín
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
PMA	Plan de manejo ambiental
PMIRS	Plan de manejo integral de residuos sólidos
AN	Aguas Nacionales
AC	Aguas Claras
SF	San Fernando
EDO	Edificio de operaciones
RESPEL	Residuos peligrosos
3R	Reducir, reutilizar y reciclar

Resumen

El presente documento contiene el informe final de la práctica profesional titulada “*Apoyo al área de gestión ambiental y la gestión de biosólido en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Aguas Claras*”, que tiene como objetivo principal apoyar las áreas de gestión ambiental en la consolidación de buenas prácticas ambientales y la Gestión Biosólido a partir del Programa de Uso Responsable del Biosólido. La metodología utilizada integra la supervisión de las actividades de operación y mantenimiento para garantizar las buenas prácticas ambientales, implementación de un proceso educativo ambiental para la mejora continua de los procesos de economía circular, seguimiento de la gestión biosólido y planteamiento de estrategias para el mejoramiento del Programa de Uso Responsable del Biosólido y un proceso educativo ambiental para la mejora continua de los procesos de economía circular que permitieron la realización de análisis ambientales, informes mensuales, elaboración de formatos, realización de capacitaciones, visitas a predios, entre otros.

Palabras clave: Gestión ambiental, gestión de biosólido, agua residual, planta de tratamiento, residuos sólidos

Abstract

This document contains the final report of the professional practice entitled "Support to the area of environmental management and biosolid management at the Aguas Claras Wastewater Treatment Plant", whose main objective is to support the areas of Environmental Management in the consolidation of good environmental practices and Biosolid Management from the Responsible Use of Biosolids Program. The methodology used integrates the supervision of operation and maintenance activities to ensure good environmental practices, implementation of an environmental education process for the continuous improvement of circular economy processes, monitoring of biosolid management and strategies for the improvement of the Biosolid Responsible Use Program and an environmental education process for the continuous improvement of circular economy processes that allowed the performance of environmental analysis, monthly reports, preparation of formats, training, visits to properties, among others.

Keywords: environmental management, biosolid management, wastewater, treatment plant, solid waste.

Introducción

En el siglo XX el río Aburrá - Medellín fue ignorado y utilizado por la mayoría de los ciudadanos e industriales como lugar de desechos convirtiéndolo en una cloaca mientras la ciudad se encontraba en constante crecimiento, pero un siglo después se empieza a tomar determinaciones contundentes para que nuevas generaciones gocen de un río sano, por lo que los ciudadanos, las entidades públicas y la empresa privada adquieren conciencia de la importancia de este. Desde entonces se define y financia el plan de recuperación del río Aburrá - Medellín llamado “Programa de saneamiento del río Medellín y sus quebradas afluentes”, un compromiso asumido por EPM desde el año 1985 que tiene como objetivo principal, disminuir la contaminación del río Aburrá Medellín, recuperar sus riberas y el mejorar la calidad de vida de sus habitantes. (Valores Simesa, S.A. , 2016).

Acto seguido, nace la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR San Fernando, ubicada al Sur del Valle de Aburrá, entró en operación en el año 2000, iniciando así la primera etapa del programa del saneamiento del río Aburrá - Medellín. Doce años después, Aguas Nacionales, empresa filial del grupo EPM, es la responsable de dar continuidad a este programa, con el fin de lograr un cubrimiento global del 95 % de las aguas vertidas al río Aburrá - Medellín, a través de la construcción y puesta en funcionamiento del Interceptor Norte y de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Aguas Claras. (Aguas Nacionales EPM, 2013)

En este contexto, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Aguas Claras, se define como una obra sostenible, ambiental y socialmente, enfocada no solo en su infraestructura para el saneamiento del río Aburrá - Medellín, sino también en generar desarrollo urbanístico y paisajístico para la comunidad. La PTAR pertenece a la empresa de servicios públicos Aguas

Nacionales EPM S.A E.S.P. y se encuentra ubicada en la dirección Diagonal 52ª #27-277, sector Navarra, del municipio de Bello (Aguas Nacionales EPM, 2013)

El área de gestión ambiental GA de Aguas Nacionales tiene como objetivo incentivar prácticas ambientales orientadas a la prevención de la contaminación y al uso racional de los recursos; que cumplan la legislación ambiental y los convenios voluntarios, fortalezcan una cultura ambiental en los grupos de interés y propicien su participación, de manera que se mejore y comunique el desempeño ambiental y se adopten acciones frente a cambio climático. (Aguas Nacionales EPM, 2020).

En la PTAR Aguas Claras se cuenta con 260 colaboradores aproximadamente que generan residuos sólidos, en las actividades administrativas, operación y mantenimiento, para el adecuado manejo de estos, se implementó el Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos PMIRS, con el fin de garantizar las buenas prácticas ambientales y el fortalecimiento de la cultura ambiental de los colaboradores de la organización. Con este objetivo, se desarrollaron actividades propias del Área de gestión ambiental por 3 meses, desde mayo hasta julio, encaminadas principalmente al apoyo y actualización del PMIRS, apoyo a la elaboración del Plan de Manejo Ambiental PMA, fomento de la cultura ambiental, apoyo a los demás profesionales del equipo de gestión ambiental, entre otras actividades documentadas en este informe.

Una de las problemáticas más importantes de la gestión ambiental es la generación de residuos sólidos, especialmente, los residuos peligrosos, con una generación total de 2104,3 kg hasta el mes de agosto de 2022, además, el residuo más generado es el azufre semilíquido el cual requiere previamente, filtrar la parte líquida para realizar su disposición final. Por consiguiente, es necesario gestionar adecuadamente la recolección, almacenamiento y recolección externa de este tipo de residuos. Además, uno de los mayores desafíos del área es promover la adecuada

separación de residuos sólidos en los puntos ecológicos instalados en la PTAR. Específicamente, los residuos ordinarios representan el mayor porcentaje de la inadecuada disposición de residuos debido a que son mezclados con residuos de los demás contenedores.

Por otro lado, la disminución de los residuos no aprovechables en las áreas administrativas y de operación es una de las metas anuales de Aguas Nacionales, por lo tanto, se promueve las 3R, específicamente, la reducción y reutilización de los residuos a partir de un programa educativo ambiental e implementación de estrategias para utilizar recipientes y materiales ecológicas que permitan su aprovechamiento.

Las PTAR generan subproductos como los lodos, que requieren de tratamiento para ser convertidos en biosólidos. Estos materiales se deben manejar adecuadamente para evitar posibles impactos al medio ambiente y deben ser caracterizados para su aprovechamiento en actividades agrícolas y no agrícolas, como recuperación de suelos, actividades forestales y cobertura de rellenos sanitarios (Dáguer, 2003).

El tratamiento de las aguas residuales genera grandes cantidades de lodos residuales, como subproducto. En Colombia, se estima una producción diaria de 274 toneladas, las cuales provienen principalmente de las PTAR, El Salitre (Bogotá), Cañaveralejo (Cali) y San Fernando (Itagüí). Debido a esta alta producción, las PTAR, presentaron problemas por la generación de sus lodos y con ello problemas ambientales asociados a su disposición final y/o tratamiento (Bolívar et al.,2015). Para su regulación, la norma más actualizada que rige es el Decreto 1287 del 10 de Julio de 2014 y en el Artículo 8 del citado Decreto del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, que se establecen las alternativas de uso de los biosólidos de acuerdo con la categoría y clasificación A, B. (Melo et al., 2017)

Por otra parte, la composición fisicoquímica y biológica de los biosólidos es variable; depende del tipo de tratamiento de depuración utilizado, la naturaleza del agua residual y la prevalencia de enfermedades infecciosas. Los metales pesados reportados con mayor frecuencia son arsénico, cadmio, cromo, plomo, cobre, mercurio y níquel. Los patógenos presentes en los biosólidos corresponden en su mayoría a bacterias, virus, protozoos y helmintos. (Bedoya et al., 2013). Por consiguiente, de acuerdo con su composición, se estiman que los lodos pueden ser empleados benéficamente después de ser sometidos a procesos de estabilización (Metcalf & Eddy, 2003), también, presentan un alto valor nutricional y por esta razón pueden ser usados para la agricultura y la jardinería; además considera que su contenido de macro y micronutrientes promueven el crecimiento de las plantas y cultivos. (Oropeza, 2006).

En este sentido, el uso de los biosólidos de las PTAR colombianas en sus suelos, según Dágner (2003) y López (2015), han permitido reducir los requerimientos de suelo orgánico para la cobertura final de los sitios de disposición final de residuos sólidos, de igual manera, “han permitido recuperar suelos degradados por actividades antrópicas, hasta el primer semestre de 2003 se habían cubierto más de 20 ha con mezclas de biosólido-suelo para cobertura final y recuperado más de 22 ha de suelos degradados”.

La generación de biosólido representa una problemática para la PTAR Aguas Claras, con una generación diaria cerca de 250 toneladas de biosólido húmedo de los cuales el 70% son llevados a Secado Térmico para reducirlo en peso a 60 toneladas (biosólido seco). Por tal razón, el área de gestión biosólido tiene como objetivo principal generar estrategias para la distribución diaria del subproducto a partir del Programa de Uso responsable del Biosólido. El biosólido húmedo y seco clasifica según el Decreto 1287 de 2014 en categoría B, lo cual permite garantizar que se les puede dar un aprovechamiento. En este contexto, para realizar una adecuada

distribución y aprovechamiento del material, se apoyó la gestión del biosólido durante 3 meses, entre agosto y octubre, en actividades de seguimiento del transporte del biosólido, gestión documental y planteamiento de estrategias de mejora.

El presente informe contiene el proceso académico y práctico del semestre de industria realizado en Aguas Nacionales EPM desde el 09 de mayo hasta el 08 de noviembre del año 2022 correspondiente al semestre 2021-2. En consecuencia, la práctica académica tiene como objetivo principal, apoyar el sistema de gestión ambiental en el manejo de residuos sólidos y la consolidación de buenas prácticas ambientales en las áreas de operación y mantenimiento, y plantear estrategias para el mejoramiento de la gestión del biosólido de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Aguas Claras.

Seguidamente, las actividades planteadas se desarrollaron a partir de una metodología que integra la supervisión de las actividades de operación y mantenimiento para garantizar las buenas prácticas ambientales, planteamiento de estrategias para el mejoramiento del Programa de Uso Responsable del Biosólido y un programa educativo ambiental para la mejora continua de los procesos de economía circular que permitieron la realización de análisis ambientales, informes mensuales, elaboración de formatos, realización de capacitaciones, entre otros.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

- ✓ Apoyar las áreas de gestión ambiental en la consolidación de buenas prácticas ambientales y la Gestión Biosólido a partir del Programa de Uso Responsable del Biosólido en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Aguas Claras.

1.2 Objetivos específicos

- ✓ Administrar y apoyar la implementación del Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos
- ✓ Apoyar la elaboración del Plan de Manejo Ambiental
- ✓ Plantear estrategias para mejorar la gestión del biosólido húmedo y seco en el marco del Programa de Uso Responsable del Biosólido
- ✓ Apoyo al programa educativo para el fomento y evaluación de la cultura ambiental
- ✓ Administrar procesos del Sistema de Gestión Documental

2 Marco teórico

2.1 Plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental, se define como el "conjunto detallado de medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad" (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2021).

Según Bohórquez (2015), las medidas propuestas en el plan de manejo ambiental (PMA) debe incluir: memorias técnicas (descripción, cálculos, diseños) tratamientos o planteamientos concretos, técnicas y procedimientos de aplicación, costos y cronograma de ejecución. Por ello, se deberá incluir las propuestas de acción y los programas y cronogramas de inversión necesarios para incorporar las medidas alternativas de prevención de contaminación, cuyo propósito sea optimizar el uso de las materias primas e insumos, y minimizar o eliminar las emisiones, descargas y/o vertimientos, acorde a lo establecido en la normativa ambiental vigente.

El PMA, constituye el principal instrumento para la gestión ambiental, en la medida en que reúne el conjunto de criterios, estrategias, acciones y programas; necesarios para prevenir, mitigar y compensar los impactos negativos y potencializar los positivos. Existe una relación de correspondencia entre los impactos ambientales y las medidas incluidas en el PMA. (Angel et al., 2010).

En la PTAR Aguas Claras se tiene un plan de manejo para la identificación y evaluación de los impactos ambientales generados por la construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Este plan contiene unas medidas, que pueden ser de manejo,

prevención, mitigación, control, protección, vigilancia o compensación, y la forma, momento y lugar donde deben ser aplicadas, para controlar los impactos identificados. (Grupo EPM, 2008). El Plan de Manejo consta de dos partes: se define la estructura que deberá garantizar el cumplimiento de los programas y los proyectos que conforman el Plan (grupos de Interventoría y gestión ambiental).

El PMA integra el Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos y el Programa de Cultura Ambiental. Este último es necesario para promover la educación ambiental y los procesos de participación comunitaria que están orientados al fortalecimiento y construcción de una cultura armoniosa del ser humano con la naturaleza y su ambiente. (Cabrera, 2018).

2.2 Cultura ambiental

La cultura ambiental es la forma como los seres humanos se relacionan con el medio ambiente, y para comprenderla se debe comenzar por el estudio de los valores; estos, a su vez, determinan las creencias y las actitudes y, finalmente, todos son elementos que dan sentido al comportamiento ambiental (Miranda, 2013). En efecto, es necesario la formación ciudadana y cultura ambiental para la transformación adecuada del entorno y la sostenibilidad ambiental, desde el buen manejo de residuos sólidos. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018)

Cabe considerar que elevar el nivel de cultura ambiental de la población es una prioridad, y es únicamente a través de la educación como el individuo interioriza la cultura, y es capaz de construir y producir conocimientos, reorientar sus valores, modificar sus acciones y contribuir como sujeto individual a la transformación de la realidad del medio ambiente. (Ferrer et al., 2004).

2.3 Plan de manejo integral de residuos sólidos

El PMIRS es un documento guía, el cual plantea unas estrategias claras y definidas, para el manejo integral de los residuos sólidos aprovechables, peligrosos, orgánicos y ordinarios. (Ecorecyclar, 2021). Según el Decreto 2981 de 2013, se define la gestión integral de residuos sólidos como el conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización. También incluye el tratamiento y disposición final de los residuos no aprovechables.

Por otro lado, para dar cumplimiento a la normatividad vigente (Decreto 1713 de 2002) que contempla como una obligatoriedad la implementación de los PMIRS en todas las empresas territoriales, empresas privadas, instituciones y compañías. (Arismendy, 2020). La PTAR Aguas Claras, como un proyecto sostenible, elaboró un PMIRS para la implementación de buenas prácticas ambientales orientadas a la reducción de los residuos sólidos generados, la adecuada separación y almacenamiento, aumento en el aprovechamiento de los residuos y la adecuada disposición final de los mismos.

En la planta de tratamiento se generan todo tipo de residuos, tales como, ordinarios, aprovechables, especiales y peligrosos. En este contexto, se define como residuo sólido a todo tipo de material, orgánico o inorgánico, y de naturaleza compacta, que ha sido desechado luego de consumir su parte vital. (Ley 1259, 2008, art. 2). Además, en el mantenimiento y operación de las plantas de tratamiento se generan una gran cantidad de residuos peligrosos, los cuales se les debe garantizar un adecuado manejo, recolección, transporte y disposición diferenciado de los demás residuos. Se define los residuos peligrosos como aquellos residuos o desechos que por sus

características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas pueden causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos. (Decreto 4741, 2005, art. 3)

Teniendo en cuenta que el PMIRS contiene las estrategias orientadas a la planeación y cobertura de las actividades relacionadas con el manejo de residuos, con lo cual se pretende evitar y disminuir la generación de residuos e incentivar el aprovechamiento de estos. (Arismendy, 2020). En este sentido, uno de los aspectos claves dentro de las estrategias utilizadas para mejorar la educación ambiental en el manejo de residuos dentro de una organización u empresa es el fomento y evaluación de la cultura ambiental.

2.4 Biosólidos

Son unos de los subproductos de las plantas de tratamiento de aguas residuales y se define como el producto resultante de la estabilización de la fracción orgánica de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales municipales, con características físicas, químicas y microbiológicas que permiten su uso. (Decreto 1287, art 3). Según el (Ministerio de Vivivenda, Ciudad y Territorio, 2004), se definen los biosólidos como “sólidos provenientes del tratamiento de aguas residuales municipales, estabilizados biológicamente, con suficiente concentración de nutrientes (mayores y menores), bajo contenido de microorganismos patógenos, presencia permisible de metales pesados, que se puede utilizar como fertilizante, acondicionador o mejorador de suelos, de acuerdo a la composición fisicoquímica del biosólido y la vocación del uso del suelo.

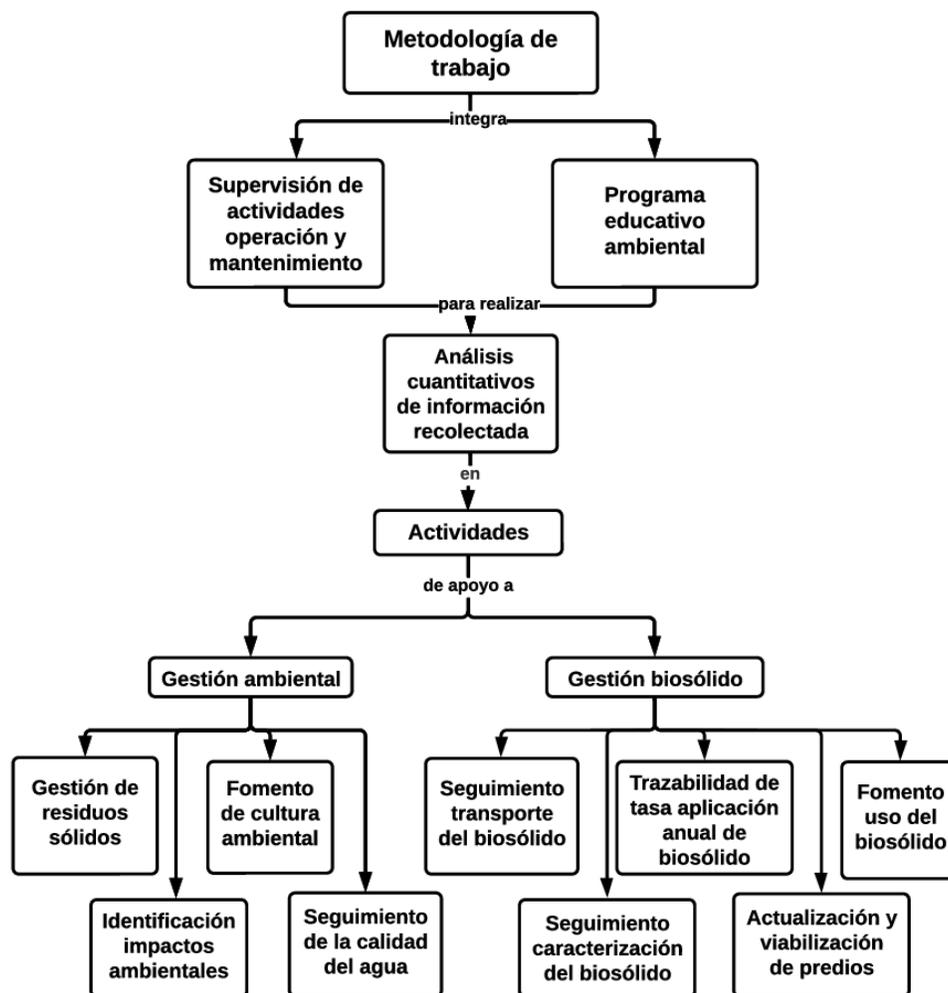
En Colombia, el interés en la aplicación de los biosólidos al suelo ha aumentado recientemente como consecuencia de la menor disponibilidad y viabilidad de otras opciones de gestión de los biosólidos, tales como el transporte a vertederos controlados, la incineración y la evacuación en el mar (Rechcigl, 1995). Por lo tanto, para su adecuada gestión, una de las mejores alternativas es realizarles un tratamiento de secado térmico, es un sistema de acondicionamiento que provee al biosólido de características uniformes y sirve esencialmente para incrementar el contenido de sólidos por reducción de agua; además, inhibe patógenos, minimiza olores y reduce la atracción potencial de vectores y de patógenos (Environmental Protection Agency [EPA], 1993). Con el secado térmico se reducen los contenidos de humedad a niveles por debajo de los conseguidos por métodos de deshidratación convencionales y los biosólidos así tratados pueden ser comercializados como abono o acondicionadores de suelos. (Giraldo & Lozano, 2006).

En la PTAR Aguas Claras, se realiza el secado térmico de biosólidos por medio de un sistema de cogeneración, con el cual se retira la humedad hasta un 99 % del biosólido húmedo generado. El sistema de cogeneración hace referencia al proceso donde el gas natural utilizado para generar energía eléctrica será a su vez aprovechado para calentar el agua que posibilita el secado del biosólido, por medio de un sistema de recuperación de calor. (Aguas Nacionales EPM, 2013).

3 Metodología

Para apoyar el sistema de gestión ambiental y la gestión biosólido de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Aguas Claras se establecen una metodología basada en la supervisión de las actividades de operación y mantenimiento y un proceso educativo ambiental con ejercicios de validación, verificación y supervisión de las estrategias de cultura ambiental. A continuación, en la **Figura 1**, se muestra un diagrama de la metodología utilizada.

Figura 1. Metodología de trabajo



Elaboración propia (2023)

3.1 Apoyo al sistema de gestión ambiental de la PTAR Aguas Claras

A continuación, se exponen las actividades realizadas en el área de gestión ambiental con la metodología aplicada.

3.1.1 Gestión de residuos sólidos.

En la gestión de residuos sólidos se realizaron actividades de seguimiento y evaluación de la separación en la fuente, generación y recolección de residuos aprovechables, residuos peligrosos y residuos ordinarios y arenas.

3.1.1.1 Seguimiento y evaluación de la separación en la fuente de los residuos sólidos. La adecuada separación en la fuente de los residuos sólidos generados en la PTAR es fundamental para el manejo integral de los mismos y el cumplimiento de los compromisos de la licencia ambiental. Por lo tanto, es necesario realizar un seguimiento continuo a la clasificación de residuos sólidos de cada uno de los centros generadores. Para fomentar la separación en la fuente promovida en el PMIRS de la PTAR se cuenta con 21 puntos ecológicos, como se muestra en la **Figura 2**, que cumplen con lo recomendado en la NTC 024 del ICONTEC y se encuentran ubicados en las instalaciones de operación y mantenimiento.

Figura 2. Ubicación de los puntos ecológicos



Fuente: Elaboración propia (2022)

3.1.1.2 Supervisión de la separación en la fuente. Se realizó un recorrido una vez por semana por todos los puntos ecológicos para observar la separación en la fuente, el aspecto del punto, el color de la bolsa correspondiente al tipo de contenedor y verificar el correcto diligenciamiento del formato de control interno para separación de residuos sólidos que diligencia el personal de aseo de la empresa RECUPERAR S.A.

Cada punto ecológico, como se muestra en la **Figura 3**, cuenta con 4 contenedores de la siguiente manera:

- **Contenedor de ordinarios (color verde):** Envolturas de alimentos, servilletas sucias y papel engrasado, residuos de barrido, restos de vajilla
- **Contenedor de papel y cartón (color gris):** Residuos aprovechables papel, cartón, revistas, periódicos y publicidad.
- **Contenedor de plástico (color azul):** Botellas plásticas, envases no retornables, bolsas plásticas y plástico no metalizado.
- **Contenedor de vidrios (color blanco):** Botellas y envases de vidrio.

Figura 3. Punto ecológico EDO 2do Piso



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en cada punto se encuentra una caneca azul para depositar las tapas plásticas. Según el área de trabajo se cuentan con un contenedor rojo para residuos peligrosos y en puntos estratégicos se cuenta con un recipiente cilíndrico de RECOPILA para pilas usadas. En

el punto ecológico *EDO 2do piso recepción* se encuentra un contenedor amarillo para depositar aceite de cocina usado almacenado en botellas plásticas gruesas debidamente tapadas.

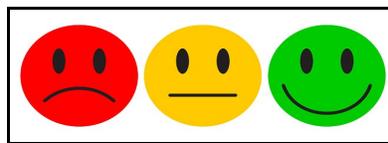
3.1.1.2.1 Seguimiento de la separación en la fuente. Se recolectan los formatos de control interno de separación de residuos sólidos (véase en el **Anexo 1**) cada 15 días que se encuentren llenos. Estos deben estar correctamente diligenciados y tener una puntuación de 1 a 5 de acuerdo con la calidad de la separación de cada punto. Estos formatos se digitalizan en la subcarpeta llamada *Residuos* de la carpeta general de *Gestión Ambiental*, repositorio virtual de información, y a cada punto se le realiza un promedio mensual de la calificación.

3.1.1.2.2 Evaluación de la separación en la fuente. Posterior al diligenciamiento de los formatos de control interno para realizar seguimiento, se realizan informes mensuales con la información obtenida y un análisis de resultados. Estos informes contienen una introducción sobre el manejo de residuos sólidos en la planta de tratamiento, gráfico de barras con la calificación promedio de cada punto ecológico en el mes evaluado, tablas con las mejores puntuaciones, tablas con las puntuaciones más bajas, conclusiones de los resultados, aspectos positivos y negativos encontrados y se proponen acciones de mejora. Para la implementación de las acciones de mejora es necesario identificar los puntos ecológicos con menor calidad de separación y conocer a detalle cuales son las acciones que requieren cambio.

3.1.1.3 Seguimiento y evaluación de la separación de residuos sólidos en las oficinas del edificio de operaciones EDO e Interventoría. En las oficinas del edificio de operaciones e interventoría se encuentran ubicados contenedores grises para depositar papel, cartón y archivo limpio. Debido a que en estos contenedores se estaban depositando residuos ordinarios se implementó un formato de control interno para las oficinas (véase en el **Anexo 2**), que es diligenciado de manera diaria por el personal de RECUPERAR S.A.

3.1.1.3.1 Seguimiento y evaluación de la separación en oficinas. Este formato tiene un sistema de calificación cualitativo a partir de caras de colores, como se evidencian en la **Figura 4** y **Tabla 1**, que representan la calidad de la separación en cada contenedor gris. Con una cara de color rojo se califica como “deficiente”, con una cara de color amarillo se califica “regular” y con una cara de color verde se califica “excelente”. Para realizar seguimiento de este sistema de calificación, se realiza una observación semanal por cada oficina para actualizar el estado de las caras.

Figura 4. Sistema de calificación por caras



Fuente: istock

Tabla 1. Calificación cualitativa separación en oficinas

4 o más calificaciones diarias con inadecuada separación en la fuente	Deficiente
1 o más calificaciones diarias con inadecuada separación en la fuente	Regular
0 calificaciones diarias con inadecuada separación en la fuente	Excelente

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, como acción de mejora para las oficinas con cara deficiente o regular se capacita continuamente en las oficinas sobre la importancia de separar el papel y cartón adecuadamente y se les recuerda que deben dirigirse a los puntos ecológicos a depositar otro tipo de residuos, además, esta acción cuenta como pausa activa.

3.1.1.4 Seguimiento a la generación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos.

En la PTAR Aguas Claras se generan residuos peligrosos en las actividades de operación y mantenimiento. Para su almacenamiento temporal se cuenta con contenedores para residuos peligrosos (color rojo) con bolsas rojas, en los lugares de trabajo que se generen como el laboratorio, espesamiento y deshidratación, mantenimiento y secado térmico.

3.1.1.4.1 Seguimiento a la generación y almacenamiento de residuos peligrosos. Cuando el contenedor para residuos peligrosos está lleno, se retira la bolsa con los residuos y se lleva al cuarto de residuos peligrosos, donde deben ser pesados, rotulados e ingresados al área destinada para su almacenamiento en forma de cubículos según el tipo de peligrosidad y finalmente son registrados en el formato de control interno para la generación de residuos peligrosos, garantizando la cadena de custodia del residuo. (véase en **Anexo 3**).

Es importante tener en cuenta que antes de ingresar los residuos es necesario revisar las bolsas rojas correctamente para identificar otro tipo de residuos como ordinarios, especiales, aprovechables. Y en el caso que los residuos que por su tamaño o cantidad no puedan ser depositados en estos recipientes, se llevan directamente al RESPEL y se realiza el mismo proceso anterior.

Luego de diligenciar el formato de generación se digitaliza en la subcarpeta de residuos RESPEL dentro de la carpeta general de Gestión Ambiental. Seguidamente, se suman los

residuos generados mes a mes del formato anterior, y esta información es digitalizada en la pestaña *Generación* del Excel donde se encuentra el formato de generación.

3.1.1.4.2 Seguimiento a la recolección externa de residuos peligrosos. Teniendo en cuenta que el tiempo máximo de almacenamiento de los residuos peligrosos es de 12 meses de acuerdo con la normatividad ambiental vigente, en la PTAR se realiza solicitud de recolección y transporte para disposición cada 6 meses al gestor EMVARIAS – Ecologista SAS ESP, quien se encarga de darle gestión a los residuos y certificar en función a lo establecido en la norma.

Para la recolección externa de los residuos peligrosos se diligencia un formato (véase en el **Anexo 4**), con el código del residuo según el decreto 4741 de 2005, el peso correspondiente y se toma evidencia fotográfica (véase en el **Anexo 5**), seguidamente, se digitaliza la información en la carpeta residuos RESPEL dentro de la carpeta general de Gestión Ambiental.

Evaluación de la generación de residuos peligrosos. De forma mensual, se digitaliza la generación de residuos peligrosos clasificados por códigos según el decreto 4741 de 2005, en el documento de *Indicadores ambientales* de la carpeta general de Gestión Ambiental con el fin de analizar las cantidades.

3.1.1.5 Seguimiento del almacenamiento y recolección de residuos aprovechables. En los procesos de operación y mantenimiento de la PTAR se generan residuos aprovechables como papel, cartón, madera, chatarra, pasta, plástico, archivo, vidrio, entre otros que son llevados al centro de acopio por el personal que presta los servicios generales en la PTAR, que para el periodo de práctica fue RECUPERAR SAS. Es importante supervisar que los residuos sean almacenados, clasificados y empacados adecuadamente para garantizar el buen estado de estos.

La recolección de los residuos por parte del gestor RECUPERAR, encargado del transporte y aprovechamiento de los residuos aprovechables por fuera de la planta, se realiza de manera mensual. Para su seguimiento, se diligencia un formato de control interno de generación de residuos aprovechable (véase en el **Anexo 6**), con el tipo de residuo y el peso correspondiente, se toma evidencia fotográfica mostrada (véase en el **Anexo 7**) y se digitaliza en la subcarpeta *Residuos Aprovechables* de la carpeta general de Gestión Ambiental.

Como último paso, el peso generado de cada residuo aprovechable es diligenciado en el archivo *Indicadores Ambientales* de la carpeta general *Gestión Ambiental* para calcular totales y realizar comparaciones entre meses anteriores.

3.1.1.6 Seguimiento a la generación de residuos ordinarios y arenas. En la PTAR se genera gran cantidad de residuos ordinarios y arenas diariamente, provenientes del proceso de tratamiento del agua residuales. Estos residuos son depositados en contenedores que posteriormente son recogidos 2 veces por semana por EMVARIAS, quienes al salir de la planta dejan un manifiesto con los datos del volumen de residuos que transportan. Este manifiesto es diligenciado por el personal de EMVARIAS. Además, se realiza seguimiento diario de la generación y recolección de residuos ordinarios y arenas a partir de los manifiestos de gran generador mostrados a continuación en la **Figura 5**, los cuales se deben digitalizar y actualizar en el formato de control interno para la generación de residuos ordinarios y arenas (véase en el **Anexo 8**), de la subcarpeta de *Residuos* dentro de la carpeta general de *Gestión Ambiental*.

Figura 5. Manifiesto de gran generador

 emvarias Grupo-epm Línea Amiga de aseo (4) 444 56 36 contacto@emvarias.com.co	MANIFIESTO DE SERVICIO GRAN GENERADOR PROCESO: SERVICIO DE ASEO						Código	PRD4FR007			
							Versión	9			
							Fecha	05/05/2020			
DÍA			MES			AÑO					
						B - 110814 Número					
NOMBRE DE LA EMPRESA Y DIRECCIÓN											
CONTROL VEHÍCULO:			HORA ENTRADA:		HORA SALIDA:		No. RUTA:	ZONA:			
RECIPIENTES	RESIDUOS ORDINARIOS (GRAN GENERADOR)						PORCENTAJE		25%	50%	75%
CAJAS	4Y		3Y		2,5Y		4Y	3Y	2,5Y		
CONTENEDOR	1100 Lt		360 Lt		240 Lt		1100 Lt	360 Lt	240 Lt		
CANECA	55 GAL		35 GAL				55 GAL	35 GAL			
Otros	PACAS		COSTALES		BOLSAS		Otro:				
OBSERVACIONES:											
NOMBRE RESPONSABLE DE LA EMPRESA:						NOMBRE RESPONSABLE DE LA RUTA:					

Fuente: Aguas Nacionales (2022)

Finalmente, se generan tablas dinámicas y gráficos para conocer la cantidad de residuos ordinarios, arenas, micro plásticos y otros generados en los procesos de la PTAR.

3.1.2 Apoyo al fomento y evaluación de la cultura ambiental

A continuación, se muestran las actividades realizadas para el fomento de la cultura ambiental.

3.1.2.1 Flyers con temáticas y fechas ambientales. Para la realización de flyers con la participación de todo el equipo de gestión ambiental, se elabora un cronograma con fechas asignadas para cada integrante. Esta actividad consiste en la creación de mensajes con temáticas de fauna, flora, residuos y cuidado del medio ambiente general que se comparten en una pieza gráfica a los colaboradores de Aguas Nacionales. Además, se realizan flyers sobre las fechas ambientales a partir de un formato de Brief creativo suministrado por el área de comunicaciones.

Primero, se diligencia el formato de Brief creativo (véase en el **Anexo 9**), de acuerdo con la temática asignada, luego, se envía la pieza al correo del aprendiz de comunicaciones, quien genera la pieza y se encarga de su difusión por los diferentes medios de comunicación, como correos electrónicos y grupos corporativos de WhatsApp.

3.1.2.2 Capacitaciones ambientales. Para dar cumplimiento al Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos de la empresa, se realizan capacitaciones al personal administrativo, de operaciones, mantenimiento, seguridad, RECUPERAR y la interventoría. Estas jornadas tienen como objetivo concientizar y generar cultura ambiental, con énfasis en la separación en la fuente de los residuos sólidos y la disminución en la generación de estos. Además, se capacita en la aplicación de las 3R, ahorro de agua y energía, adecuada disposición de aceite de cocina usada, pilas y tapas plásticas en los contenedores ubicados en puntos estratégicos de la planta de tratamiento.

3.1.2.2.1 Procedimiento para la realización de capacitaciones ambientales. Inicialmente, para realizar capacitaciones se consulta en el área de Gestión Humana, el listado de los empleados de la empresa con sus horarios de trabajo. De igual forma, para el área de operación y mantenimiento se consulta el cronograma de turnos rotativos que se encuentra en la carpeta *Gestión Ambiental* y a partir de esta información se realiza un cronograma de capacitaciones con fecha, hora y nombre del personal a capacitar. Adicionalmente, se debe consultar con los líderes de cada área para solicitar disponibilidad en su horario y se debe solicitar espacio para reuniones.

Para continuar, se realiza una presentación con la información a exponer y para obtener evidencia de la actividad se toma registro fotográfico, el cual se digitaliza en la subcarpeta *Capacitaciones* de la carpeta general *Gestión Ambiental*, y se registran los formatos de asistencia a capacitaciones (véase en el **Anexo 10**), con nombre, dependencia y firma de los empleados capacitados.

3.1.3 Apoyo a la gestión documental

A continuación, se presenta la metodología para las actividades enfocadas en la recolección, digitación y organización de información.

3.1.3.1 Seguimiento a la generación de datos diarios para caudal de entrada, salida y

recirculación. En el piso 5 del edificio de operaciones se encuentra la central de operaciones que opera través de un software llamado DSC (Digital Security Controls), el cual controla todos los procesos de la planta de tratamiento. La generación de datos diarios de caudales de entrada, salida y recirculación se extraen dos veces a la semana (lunes y viernes) en ese lugar. Por otra parte, es necesario aclarar que caudal de “entrada” se refiere al caudal tomado en BR (Bombeo de entrada) con unidades de m^3/s , caudal de “salida” se refiere a caudal tomado en Venturi con unidades de m^3/s , cuando se vierte el agua tratada al río Aburrá Medellín.

3.1.3.1.1 Generación de datos de caudales diarios DSC. Se reúne la información de cada tipo de caudal arrastrado la información de cada COP. En el A5 se encuentra el caudal BR, en el A10 se encuentra el caudal Venturi y en el A9 se halla el caudal de recirculación. Luego de tener los COP de los caudales reunidos en el área de gráfica, utilizamos un rango de tiempo de 12 horas, es decir, se extraen 2 datos de caudales por día.

3.1.3.1.2 Seguimiento a los datos de caudales diarios. Luego se digitalizan en un formato llamado *Caudal de recirculación, BR y Venturi*, (véase en el **Anexo 11**), perteneciente a la subcarpeta *Aguas* de la carpeta general de *Gestión Ambiental*, calculando adicionalmente el diferencial de los caudales promedios en m^3/s y se verifica que no haya algún cambio en el comportamiento de los datos que representen alguna anomalía en la ejecución de los procesos. Luego en el formato llamado *Caudales diarios* de la misma carpeta, (véase en el **Anexo 12**), se diligencia los caudales diarios del afluente y efluente con resultados mínimos, máximos y promedios, finalmente, se calcula el caudal tratado mensual en m^3 .

3.1.3.2 Diligenciamiento de datos de precipitación (Estaciones SIATA). Desde la página web del Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá-SIATA (siata.gov.co) se descargan los datos de precipitación en milímetros de dos puntos de las 4 estaciones de precipitación ubicados cerca de la planta de tratamiento. Estas 4 estaciones son “CDI pequeños exploradores (154)”, “Feria de Ganado (376)”, “Edificio Gaspar de Bello (74)”, IE Fontidueño (76).

Para obtener la información desde la página web, a partir del apartado de Usuario, se crea un usuario y contraseña y se ingresa a “Descargar Información”. Luego, como la precipitación es tomado por segundo, se sintetiza la información en Excel y se obtiene de manera diaria para finalmente ser digitalizada en un formato llamado *Reporte de precipitación diaria* de la subcarpeta *Aguas* de la carpeta general *Gestión Ambiental* (véase en el **Anexo 13**).

3.1.3.3 Seguimiento de la información Reportes Calidad del Agua. La operación de la PTAR Aguas Claras, así como los compromisos de la licencia ambiental de Aguas Nacionales, requiere el análisis en tiempo real de la calidad del agua de ingreso y salida de la planta. De esta manera, se tiene contratado una empresa que se encuentra acreditada ante el IDEAM para la toma de muestra y el análisis de lo requerido. En este caso, LABORMAR es un laboratorio de control de calidad y gestión ambiental contratado por aguas nacionales para la realización de 4 ensayos mensuales de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en 4 puntos del proceso de tratamiento del agua residuales, que son Cámara 23, Venturi, Rejas y Río Aburrá - Medellín. El punto de muestreo Cámara 23 se encuentra ubicado en Machado – Bello antes de que el agua residual llegue a la planta de tratamiento.

En la carpeta llamada *Agua* compartida por el Profesional Ambiental, se encuentran los reportes realizados por LABORMAR clasificados por años, seguido de mes y día. Seguidamente, teniendo en cuenta el No del ensayo se diligencia esta información en el formato llamado *Reportes de ensayo calidad del agua* (véase en el **Anexo 14**), adicionalmente, se le hace control a la recepción de reportes en una pestaña del mismo archivo llamada *Control reportes calidad del agua*, (véase en el **Anexo 15**). Para el seguimiento de los resultados del punto de muestreo Venturi (salida del agua al Río Aburra - Medellín después de recorrer todo el tratamiento) se revisa la información diligenciada en el formato con el fin de detectar anomalías en los datos.

3.1.3.4 Diligenciamiento de los Indicadores Ambientales. Los indicadores ambientales permiten evaluar toda la información disponible y actualizada de la gestión ambiental que se registra en los distintos formatos y bases de datos para conocer en qué condiciones se encuentra la organización en este ámbito. Para diligenciar los indicadores ambientales, mensualmente se reciben reportes del Área Metropolitana del Valle de Aburrá sobre la información recolectada de la operación de la PTAR.

En la carpeta llamada *Reportes AMVA* compartida por el Profesional Ambiental, se encuentran los reportes mensuales de la operación de la planta de tratamiento. Estos reportes contienen la información mensual del caudal promedio diario tratado (m^3/s), calidad del vertimiento como la concentración de DBO₅, concentración SST, concentración DQO (mg/L) y otros parámetros, energía consumida y generada (kWh), generación de residuos sólidos retenidos en rejillas y arenas removidas en m^3 , y residuos para aprovechamiento, además la producción de biosólido (m^3). Esta información alimenta mensualmente y de manera parcial el archivo de Excel llamado *Indicadores Ambientales* de la carpeta general *Gestión Ambiental*.

Además, este archivo contiene otros indicadores como la generación de biogás y producción de CO₂, gestión de uso de biosólidos, generación de residuos ordinarios, aprovechables, peligrosos, consumo de aceites y grasas, capacitaciones realizadas anualmente, indicadores ambientales de flora y fauna. Para los componentes de residuos sólidos generados fuera del proceso de tratamiento, la información se alimenta de los formatos pertenecientes a la gestión de residuos sólidos generados de puntos ecológicos, oficinas, cuarto de residuos peligrosos, como son residuos ordinarios, aprovechables, peligrosos y especiales. Además, la información de capacitaciones se obtiene de los formatos de asistencia y evidencias fotográficas

y los indicadores de fauna y flora son diligenciados de la gestión realizada por el Ingeniero Forestal y el Biólogo de la PTAR.

3.1.4 Identificación de aspectos e impactos ambientales

Para la identificación y análisis de los impactos ambientales se utilizó la metodología de matriz CONESA.

3.1.4.1 Construcción de la matriz CONESA de aspectos e impactos ambientales. La PTAR Aguas Claras, para cumplir con los compromisos presenten en la licencia ambiental, debe definir los aspectos ambientales y valorar los impactos ambientales generados en la operación de esta. Para realizar la valoración se toma como referencia el *Listado de impactos ambientales específicos en el marco del licenciamiento ambiental* del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se utiliza la metodología de la Matriz de Impacto Ambiental CONESA perteneciente a Vicente Conesa Fernández-Vitora (1997). Esta se define como un método analítico, por el cual, se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un Proyecto en todas y cada una de sus etapas. (Mónica Aguilar Gonzales, 2019).

3.1.4.1.1 Procedimiento de construcción de Matriz CONESA. Para realizar la matriz se tiene en cuenta 11 variables ambientales para determinar la importancia de cada impacto ambiental identificado en los procesos de la PTAR. Las cuales son Naturaleza/Signo (+/-), Intensidad (IN), Extensión (EX), Momento (MO), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV), Recuperabilidad (MC), Efecto (EF), Periodicidad (PR), Sinergia (SI), y Acumulación (AC). Los valores extremos de la importancia (I) y las categorías de clasificación se encuentran descritas en dicha metodología. (Corantioquia, 2014).

La fórmula para hallar la importancia (I) es la siguiente:

$$I = \pm [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

El archivo que contiene el diligenciamiento y análisis de la matriz se llama “Aspectos e impactos Ambientales” y está ubicado en la subcarpeta *PMA* de la carpeta general *Gestión Ambiental*. Por otro lado, para el diligenciamiento de esta matriz se realizan reuniones periódicas con todo el equipo de gestión ambiental, como el Profesional Ambiental, Forestal, Biólogo, Sociales y practicantes ambientales.

3.2 Apoyo a la Gestión Biosólidos de la PTAR Aguas Claras

A continuación, se exponen las actividades realizadas en el área de Gestión Biosólidos con la metodología aplicada.

3.2.1 Seguimiento del transporte de biosólido húmedo y seco

Para el seguimiento del transporte de biosólido se desarrollaron actividades como el reporte diario de la programación y la disponibilidad de vehículos y el diligenciamiento del formato de control de volquetas en campo.

3.2.1.1 Reporte diario de programación biosólidos y disponibilidad de vehículos. El reporte diario de la gestión biosólido se realiza para dar a conocer a los integrantes del equipo de Gestión Biosólido el balance de los viajes programados, novedades en la producción del biosólido el total de biosólido entregado a predios, volquetas disponibles y en taller, número de conductores disponibles y demás situaciones que puedan presentar relevancia para la gestión.

Diariamente se debe realizar el reporte del día anterior para poder tener información recolectada de lo sucedido en la gestión biosólido todo el día y publicarlo en el grupo de WhatsApp de la Gestión Biosólidos para dar a conocer el estado y las novedades la gestión. Por

otro lado, la programación de los viajes de biosólido de húmedo y seco de la PTAR Aguas claras y el biosólido húmedo generado en la PTAR San Fernando es responsabilidad de Aguas Nacionales debido al contrato de interconexión efectuado por ambas organizaciones.

3.2.1.1.1 Procedimiento para realizar el reporte diario. El archivo para diligenciar el reporte se llama *Reporte diario biosólidos*, como se muestra en la **Figura 6**, el cual se encuentra en la carpeta *Programación* de la carpeta general *Línea Biosólido*, allí se diligencia la programación por parte del auxiliar encargado. En la misma ubicación se consulta el número de viajes programados por día en el archivo llamado *Formato programación Aguas Claras 2022*.

Figura 6. Formato reporte diario biosólido

Reporte diario programación biosólidos y disponibilidad de vehículos																						
Fecha:																						
# de vehículos disponibles Transporte biosólidos	# de viajes programados		Número de viajes cumplidos				Peso en Ton volquetas AN				# de viajes OLT		Peso en Ton volquetas OLT		# de viajes particular	Peso en Ton particular	Km total recorridos AC	Km total OLT	Km total particular	Novedades		
	AC	SF	AC	SF	SF	BH	BS	BH	BS	BH	BS	BS	BS	BS								
# de vehículos en taller	Placa		Fecha de ingreso				Fecha tentativa de entrega				Fecha real de entrega				Novedades							

Fuente: Aguas Nacionales (2022)

- 1) Para consultar el número de viajes realizados por volquetas Aguas Claras (AC) cumplidos, el número y peso de viajes OLT (Volquetas contratadas), número y peso de viajes particulares se revisa el reporte de viajes diarios compartidos en el grupo de WhatsApp “transporte de biosólido AN” realizado por la auxiliar de biosólido, en caso de que no se hayan publicado por este medio, se recopila la información compartida por los conductores en cada viaje desde el grupo de WhatsApp. La información es nombre del conductor, nombre del predio, placa de vehículo, peso de

- biosólido, número de remisión para el tipo de biosólido transportado ya sea biosólido seco AC, biosólido húmedo AC, biosólido húmedo San Fernando SF.
- 2) Para consultar los kilómetros total recorridos AC se utiliza el programa *Datatrack Plus* que visualiza toda la información recopilada por los GPS instalados en la flota de volquetas utilizadas para transportar el biosólido a los predios. Este programa permite realizar informes, uno de ellos es el informe de recorridos que contiene el kilometraje en viajes, el tiempo en viajes, horas de motor y estacionamiento. Para diligenciar el kilometraje se utiliza un archivo llamado *Registro diario km recorridos GPS* (véase en el **Anexo 16**) de la subcarpeta *Control de Vehículos* de la *Línea Biosólido*. Por otro lado, para consultar los km total particulares se revisa el informe recibido por la auxiliar de biosólido en el archivo *Control de viajes* de la carpeta *Línea Biosólido*.
 - 3) Para consultar el número, fechas de ingreso, entrega de vehículos en taller y novedades se revisa el grupo de WhatsApp llamado “Mantenimiento volquetas” y se pregunta a la auxiliar de biosólidos.
 - 4) Para finalizar, la información recopilada en el reporte diario se digitaliza en un archivo llamado “Base de datos reporte diario biosólidos” de la misma carpeta.

3.2.1.2 Seguimiento al transporte de biosólido en campo. Para realizar seguimiento del transporte de biosólido en campo, cada lunes se recibe el *formato de control de transporte de biosólido en campo* (véase en el **Anexo 17**), con los viajes realizados por los conductores toda la semana. Este formato contiene el nombre del conductor, la fecha del viaje, hora de cargue, # de remisión generada por el programa Sample Manager, peso vacío (Kg), peso lleno (Kg), tipo de biosólido, predio destino, municipio, hora de salida kilometraje de salida, hora de llegada al predio, kilometraje en predio, placa del vehículo y firma de quien recibe. Es importante revisar que no falten datos y que los hayan diligenciado de manera legible y clara.

3.2.1.2.1 Procedimiento para el seguimiento de transporte biosólido. Se recibe el formato por parte de los conductores y se diligencia en el archivo de Excel. Este documento contiene la misma información que el formato en físico, pero se le agrega lo siguiente:

- Diferencia de peso (Peso lleno kg – peso vacío kg)
- Tipo de biosólido (Si la diferencia de peso es < 9000 kg es biosólido seco, Si la diferencia de peso es > 9000 kg es biosólido húmedo)
- Diferencia de kilometraje (Kilometraje de retorno – kilometraje de salida)
- Kilometraje total [(Diferencia de kilometraje) *2]: Se multiplica por dos porque se debe tener en cuenta los kilómetros recorridos desde la llegada al predio hasta el regreso a la planta de tratamiento.

Seguidamente se verifica que toda la información digitalizada sea coherente y permita realizar los cálculos mencionados anteriormente.

3.2.2 Seguimiento a los informes de caracterización del biosólido (húmedo/seco) y cálculo de la tasa anual de la aplicación de biosólidos TAAB

El Decreto 1287 de 2014 establece criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, con base en este decreto se realiza la caracterización, del biosólido. En este contexto, los informes de caracterización contienen el muestreo y análisis mensual del biosólido húmedo y seco mediante pruebas microbiológicas y metales en el lodo y son realizados por el laboratorio de muestreo de la Universidad Pontificia Bolivariana, que se encuentra acreditado ante el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

A partir de los informes de caracterización del biosólido se actualiza el archivo de caracterización y se calcula la tasa anual de aplicación de biosólido (húmedo/seco) TAAB.

3.2.2.1 Procedimiento caracterización y calculo TAAB.

- 1) Se revisa el correo electrónico corporativo para recibir la notificación de recepción de los informes mensuales, luego, se digitalizan los datos de caracterización de metales en la pestaña llamada *Caracterización mensual biosólido*, (véase en el **Anexo 18**), del archivo llamado *Formato cálculo TAAB* que se encuentra en la subcarpeta “Trazabilidad predios” de la carpeta general “Línea Biosólido”.
- 2) Siguiendo la formula del Anexo 2 del Decreto 1284 de 2014, se halla el TAAB para cada tipo de biosólido (biosólido húmedo AC, biosólido seco AC y biosólido húmedo SF), realizando el cálculo en el *Formato Calculo TAAB*, (véase en el **Anexo 19**), de la misma ruta de ubicación mencionada anteriormente.

$$TAAB = \frac{TMAA}{C * 0,001}$$

Donde;

TMAA: Es la Tasa Máxima de Aplicación Anual del parámetro en kilogramos por hectárea por año

C: Concentración del parámetro en miligramos (parámetro) por kilogramo (biosólido).

TAAB: Tasa Anual de Aplicación de Biosólido en toneladas por hectárea por año (ton/ha – año).

0,001: Factor de conversión.

3.2.3 *Elaboración de la trazabilidad del cálculo de TAAB de metales en los predios inscritos*

La trazabilidad del TAAB de metales permite realizar seguimiento de los predios activos en el Programa de Uso Responsable del Biosólido. Cuando un predio supera la tasa máxima de aplicación anual del biosólido para alguno de los parámetros establecidos por la normativa, debe ser suspendido por un año del envío de material.

3.2.3.1 Procedimiento para realizar trazabilidad. Se crea un documento de Excel con la información de la caracterización de metales del biosólido húmedo y seco y se descargan los consolidados de biosólido húmedo y seco del mes para cada predio del programa Sample Manager. Estos documentos se guardan en la carpeta “Trazabilidad biosólidos” de la carpeta general “Línea biosólido”

En la carpeta “Excel trazabilidad predios Aguas Claras” se utiliza el formato de trazabilidad para cada predio, (véase en el **Anexo 20**).

Finalmente, después de realizar el cálculo de trazabilidad para un predio, se convierte el archivo de Excel *Informe de trazabilidad biosólido* en PDF y se guarda en la subcarpeta de *Trazabilidad predios* (véase en el **Anexo 21**), de la carpeta general *Línea Biosólidos*.

3.2.4 Actualización del estado de los predios inscritos en el programa de uso responsable del biosólido.

El software Sample Manager contiene la información de los predios inscritos en el programa de uso responsable del biosólido, como el estado de los predios, uso, peso, propietario, contacto del propietario, municipio, entre otros. Además, permite generar remisiones para los viajes de biosólido, descargar consolidados mensuales, etc. Para actualizar el estado de predios, se filtran los predios con condiciones favorables para el envío de biosólido y se contactan y después de actualiza la base de datos.

3.2.4.1 Procedimiento para actualización de predios.

- 1) Primeramente, se descarga el consolidado de todos los predios registrados en el Sample Manager. En este documento se identifica el estado de los predios clasificados en predios activos, predios activos inactivos, predios inactivos, predios suspendidos, predios con restricción, predios por reactivar y predios no aprobados.
- 2) Para empezar, se tiene como prioridad filtrar los predios activos inactivos porque son aquellos que se encuentran activos en el programa, pero no reciben biosólido.
- 3) De los predios activos inactivos se filtran los que se encuentran máximo a 120 km de la planta de tratamiento y que poseen mínimo 10-15 hectáreas aptas para mejoramiento con biosólido.
- 4) Los predios resultantes de la aplicación de los filtros anteriores son contactados vía llamada para saber si el propietario o arrendatario del predio desea seguir en el programa y la razón por la que no solicita biosólido. En caso de querer seguir en el programa se le envía los números de contacto de la línea de biosólido para solicitar

- viajes y el correo electrónico del área de biosólidos. Adicionalmente, se les pregunta por la capacidad de recepción mensual que posee el predio.
- 5) Los predios que desean seguir activos son prioridad para que puedan recibir biosólido, por lo tanto, son contactados con regularidad.
 - 6) la información obtenida en la actualización del estado de los predios es recopilada en un archivo llamado “Consolidado estado predios” de la subcarpeta *Programa de Uso Responsable del Biosólido* dentro de la carpeta general *Línea Biosólido*.
 - 7) Finalmente, se realizan tablas dinámicas para facilitar la obtención de datos y el análisis de estos.

3.2.4.2 Apoyo al fomento del uso del biosólido. Debido a la gran generación de biosólido es importante generar espacios para su aprovechamiento, por lo tanto, la divulgación del uso del biosólido es prioritaria. Para el fomento del uso del biosólido se implementan estrategias que permitan el crecimiento y expansión del Programa de Uso Responsable del Biosólido fuera del norte del Antioquia, con este propósito, se realizan e-cards y folletos ilustrativos con información concisa para enviar a predios interesados, nuevos predios activos, municipalidades y otros actores institucionales.

Para la realización de los folletos, se recopila y resume información suministrada por el Ingeniero Ambiental, Ingeniero Agroforestal y demás colaboradores del equipo del Gestión Biosólidos y se organiza una idea para el diseño deseado. Esta información resumida es enviada al área de comunicaciones y personalmente, se explica el diseño y las respectivas correcciones al personal encargado.

3.2.5 Apoyo a la gestión documental del área de biosólidos

A continuación, se exponen las actividades encaminadas a la gestión de documentación y archivos del área de biosólidos.

3.2.5.1 Elaboración y modificación y verificación de remisiones de viajes. Para realizar los viajes programados en el archivo “Programación Biosólido Aguas Claras 2022”, se deben elaborar remisiones desde el Sample Manager.

- 1) Para generar remisiones ingresamos al software con usuario y contraseña asignados.
- 2) Seguidamente, se da clic en “gestión biosólidos” y luego en “lotes”, estos se clasifican en planta secado (Biosólido seco), PTAR Aguas Claras (Biosólido húmedo) y Planta San Fernando (Biosólido húmedo San Fernando).
- 3) Se busca el lote requerido e ingresamos al último mes activo.
- 4) Creamos la remisión con fecha, predio, tipo de biosólido, peso, uso, conductor, vehículo (placa).
- 5) En la parte superior de las remisiones generadas, se da clic en informes y después, informe de entrega, luego, damos clic en imprimir.
- 6) Adicionalmente las remisiones en físico son entregadas por los conductores los lunes de cada semana y deben verificarse en los consolidados de viajes AC para biosólido húmedo y seco que son descargados del Sample Manager.

3.2.5.2 Diligenciamiento de actas de consumo de combustible Urea y Diesel. Los

conductores de la flota de volquetas entregan las actas de consumo de combustibles de Urea al granel y Diesel cada lunes de la semana, las cuales son diligenciadas en el archivo llamado *Actas Distracom 2022 AN*, (véase en el **Anexo 22**) ubicado en la carpeta de *Rendimiento combustible* de la carpeta general *Línea Biosólido*.

3.2.5.3 Organización y archivo de documentación de conductores. Cada inicio de semana los conductores entregan la siguiente documentación, preoperacionales, horas, formatos de control de volqueta en campo, actas de consumo de combustible y remisiones. Estos documentos deben ser separados y archivados en las respectivas carpetas.

3.2.6 *Visitas de viabilización de los predios interesados en el programa de Uso Responsable del Biosólido*

Para ingresar al Programa de Uso Responsable del Biosólido, se realiza una preevaluación del predio, en esta primera etapa, el usuario interesado informa al correo electrónico del área biosolidos@aguasnacionalesepm.com su intención de ingresar al programa, desde el cual, la Profesional Ambiental del área y el auxiliar de biosólido, le enviará información y un formulario a diligenciar para evaluar las condiciones del predio. Seguidamente se realiza la viabilización del predio por parte del gestor en campo llamado *Cuenca Verde*, el cual recibe la instrucción de Aguas Nacionales sobre los predios a visitar, luego programa la inspección, evalúa las condiciones del cumplimiento del Decreto 1287 de 2014 y emite un concepto sobre el ingreso al programa.

Para casos particulares donde Aguas Nacionales requiere visitar directamente los predios interesados, se realiza el siguiente procedimiento.

3.2.6.1 Procedimiento para las visitas de viabilización de predios.

- 1) Se recibe la instrucción del Profesional Ambiental sobre la hora y fecha de la visita del predio interesado
- 2) Se configura y carga la batería del *GPS Garmin Montana 700i*, el cual se utiliza desde la salida de la PTAR hasta la llegada al predio. Con la ruta de conducción activa en el dispositivo, se marcan puntos de referencia *Waypoints* que registran las coordenadas de cada lugar, los cuales son, la salida de la planta de tratamiento, casa del predio, lugar de almacenamiento o recepción del biosólido, fuentes hídricas más cercanas o algún otro lugar que sea de importancia para la evaluación del predio.
- 3) Luego de identificar los lugares de importancia, se evalúan las condiciones del predio teniendo en cuenta el Decreto 1287 de 2014. Además, se solicita información adicional sobre el predio al propietario y se analiza la viabilidad de recepción de biosólido.
- 4) Finalmente, se realiza un informe con el contexto del predio, mapas de ubicación, mapas con la distancia de la casa y las fuentes hídricas cercanas al punto de recepción y utilización del biosólido, descripción de la visita, evidencia fotográfica y conclusiones.

4 Resultados

4.1 Apoyo al sistema de gestión ambiental de la PTAR Aguas Claras

Del acompañamiento del sistema de gestión ambientales se obtuvieron resultados relevantes en cuanto a la gestión de residuos y el fomento de la cultura ambiental.

4.1.1 Gestión de residuos sólidos

Se presentan los resultados de la gestión de residuos sólidos.

4.1.1.1 Seguimiento y evaluación de la separación en la fuente de los residuos sólidos. Se diligenciaron 2 formatos de control interno mensual para cada uno de los 21 puntos ecológicos instalados alrededor de la planta de tratamiento, en los meses de mayo, junio, julio y agosto. A continuación, en la **Figura 7**, se muestran los resultados de la puntuación de calidad de separación en la fuente para el mes de mayo hasta el mes de agosto.

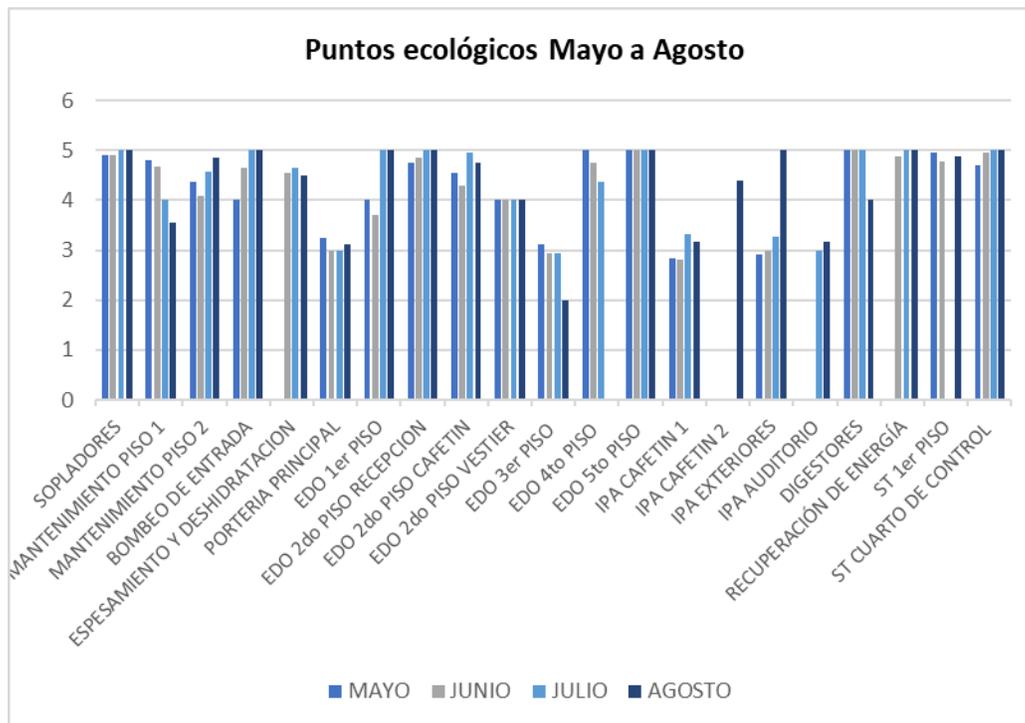
Figura 7. Puntuación de separación en puntos ecológicos por mes

	NOMBRE DEL PUNTO	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
01	SOPLADORES	4,9	4,9	5	5
02	MANTENIMIENTO PISO 1	4,8	4,67	4	3,56
03	MANTENIMIENTO PISO 2	4,36	4,1	4,58	4,86
04	BOMBEO DE ENTRADA	4	4,64	5	5
05	ESPESAMIENTO Y DESHIDRATACION		4,54	4,64	4,5
06	PORTERIA PRINCIPAL	3,25	3	3	3,11
07	EDO 1er PISO	4	3,71	5	5
08	EDO 2do PISO RECEPCION	4,76	4,86	5	5
09	EDO 2do PISO CAFETIN	4,56	4,3	4,95	4,75
10	EDO 2do PISO VESTIER	4	4	4	4
11	EDO 3er PISO	3,12	2,95	2,95	2
12	EDO 4to PISO	5	4,75	4,38	0
13	EDO 5to PISO	5	5	5	5
14	IPA CAFETIN 1	2,85	2,8	3,32	3,18
15	IPA CAFETIN 2				4,4
16	IPA EXTERIORES	2,91	3	3,28	5
17	IPA AUDITORIO			3	3,17
18	DIGESTORES	5	5	5	4
19	RECUPERACIÓN DE ENERGÍA	0	4,89	5	5
20	ST 1er PISO	4,96	4,79	0	4,875
21	ST CUARTO DE CONTROL	4,71	4,96	5	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

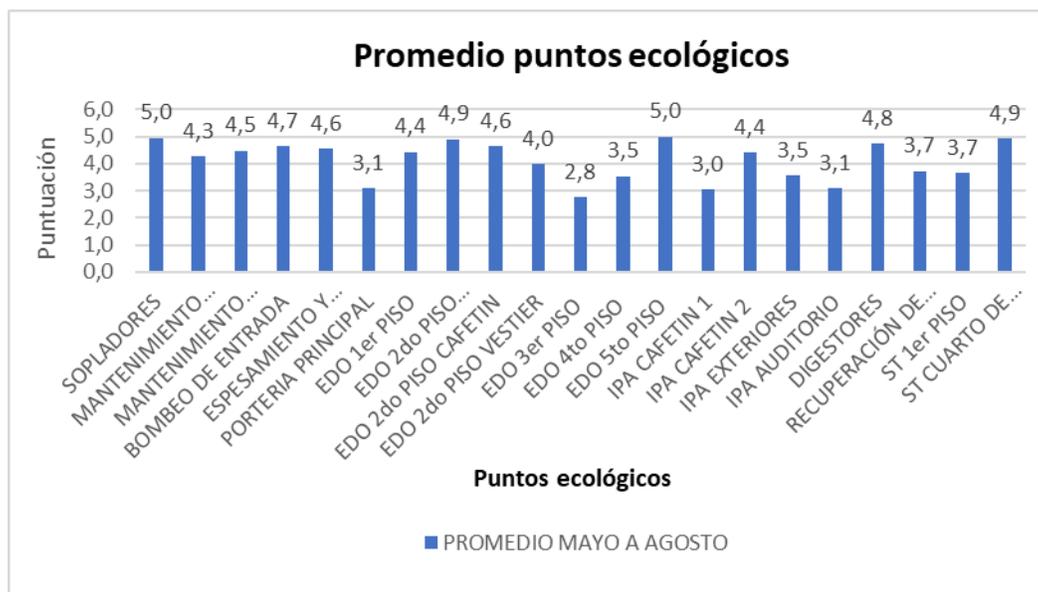
Seguidamente, se realizaron gráficos mensuales para visualizar los resultados de la calidad en la separación en la fuente. En el siguiente gráfico se muestran las puntuaciones de todos los puntos ecológicos.

Gráfico 1. Separación en puntos ecológicos mayo, junio, julio y agosto



Fuente: Elaboración propia (2022)

En el **Gráfico 1**, se observa que los puntos ecológicos ubicados en Sopladores, EDO 5to Piso, Digestores, Recuperación de energía, Secado Térmico 1er Piso y Secado Térmico Cuarto de Control presentan mes a mes, puntuaciones cercanas a 5,0 es una escala de calificación de 1 a 5. De esta misma forma se evidencia que los puntos ecológicos de Portería Principal, IPA exteriores, IPA cafetín 1, IPA Auditorio, Edo 2do Piso Vestier y Edo 3er piso presentan mes a mes puntuaciones máximas de 3,0.

Gráfico 2. Promedio de puntos ecológicos de mayo hasta agosto

Fuente: Elaboración propia (2022)

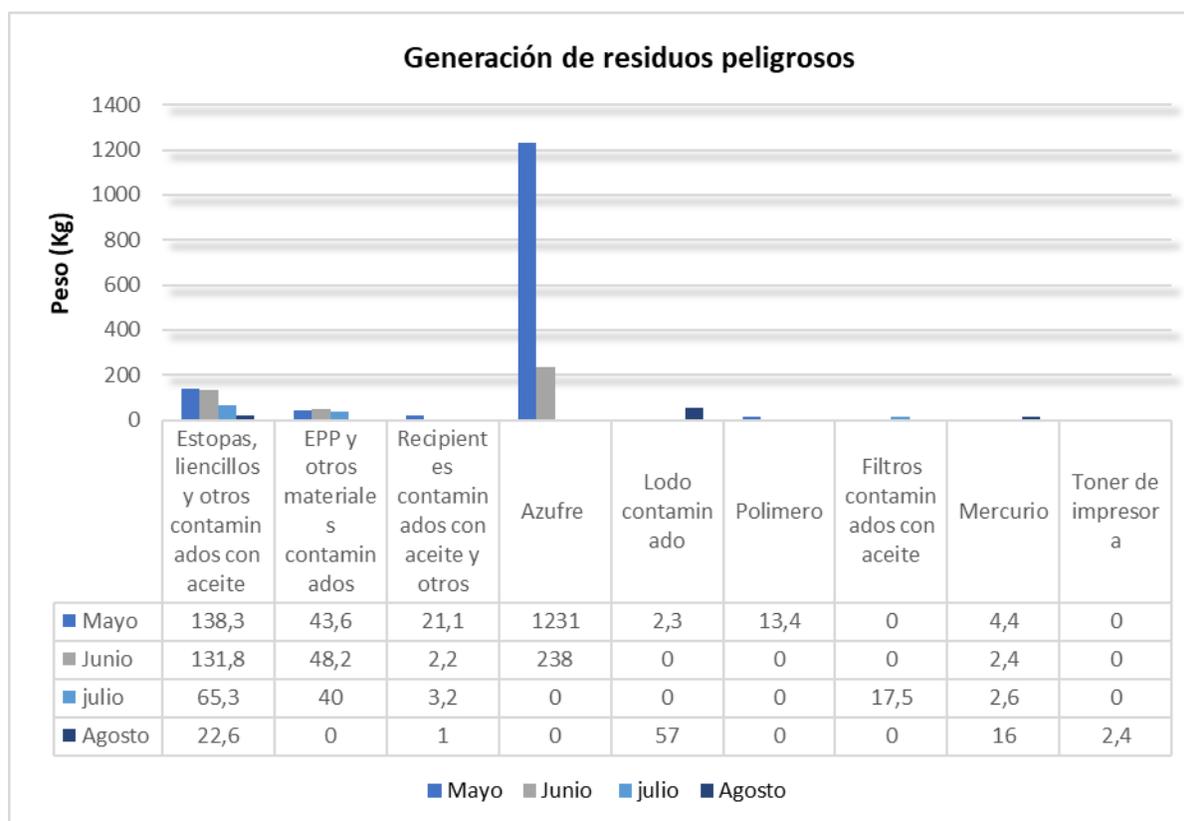
4.1.1.2 Seguimiento y evaluación de la separación de residuos sólidos de las oficinas del

edificio de operaciones EDO e Interventoría. Desde el mes de julio se ubicaron formatos de separación en contenedores grises en 11 oficinas, que incluyen la zona del edificio de operaciones EDO e interventoría IPA. A nivel general la puntuación de las oficinas fue “excelente”, este resultado es muy favorable teniendo en cuenta que antes de implementar los formatos de seguimiento y las calificaciones con caras de colores, no se estaba separando adecuadamente el papel y el personal de RECUPERAR debía cambiar el color de las bolsas de verdes a grises para estos contenedores.

Como observación adicional, la información contenida en los formatos de seguimiento no se encontraba digitalizada en la carpeta general de “Gestión Ambiental” ya que inicialmente esta actividad se implementó como una prueba piloto para evaluar de manera cualitativa la separación del papel y archivo en las oficinas de la organización.

4.1.1.3 Seguimiento a la generación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos. A continuación, en el **Gráfico 3**, se muestra la generación de residuos peligrosos en unidades de kilogramos (Kg) para los meses de mayo, junio, julio y agosto. En total los residuos peligrosos generados en estos meses son de 2005,3 kg.

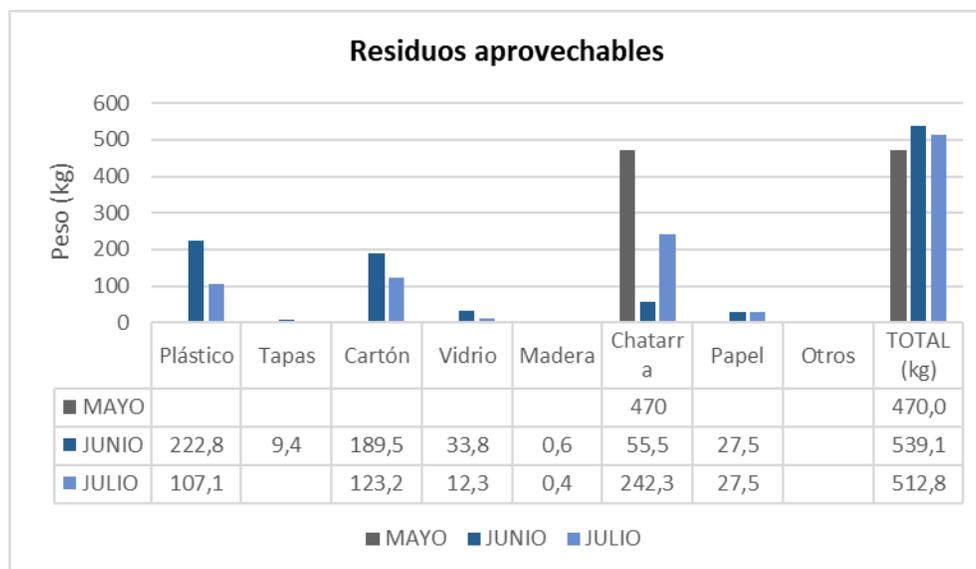
Gráfico 3. Generación de residuos peligrosos



Fuente: Elaboración propia (2022)

4.1.1.4 Seguimiento del almacenamiento y recolección de residuos aprovechables. A continuación, en el **Gráfico 4**, se muestran los resultados la generación de residuos aprovechados por peso en unidades de kilogramos (kg) para los meses de mayo, junio y julio de 2022. En total los residuos aprovechados entre los meses de mayo, junio y julio fueron 1521,9 kg.

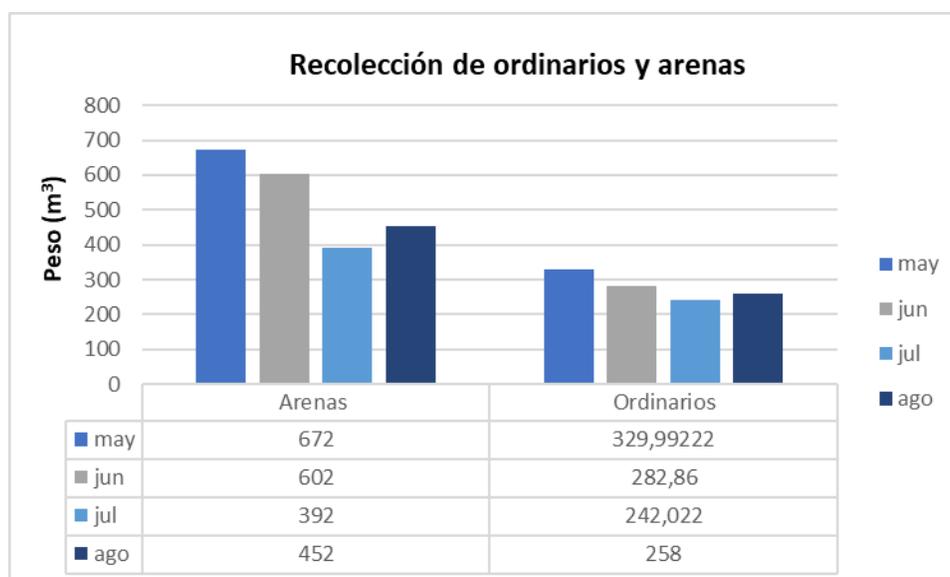
Gráfico 4. Residuos aprovechables



Fuente: Elaboración propia (2022)

4.1.1.5 Seguimiento a la generación de residuos ordinarios y arenas. A continuación, en el **Gráfico 5**, se observan los resultados de los residuos de ordinarios, arenas y microplástico recolectados del proceso de tratamiento de las aguas residuales. En total los residuos recolectados en los meses de mayo, junio julio y agosto son 2074,922 m³.

Gráfico 5. Recolección de ordinarios y arenas



Fuente: Elaboración propia (2022)

4.1.2 Apoyo al fomento y evaluación de la cultura ambiental.

Se realizaron 4 flyers de fechas ambientales acerca del *Día mundial sin caro*, *Día internacional contra el cambio climático*, *Día mundial de la desertificación y la sequía* y *Día internacional de la conservación del suelo*. Del componente Flora se realizó 1 flyer con temática del *cuidado de las especies arbóreas en la PTAR* y del componente residuos se realizaron 4 flyers con temática de *separación del vidrio*, *separación del plástico*, *ahorro de agua* y *manejo de residuos cortopunzantes*.

4.1.2.1 Flyers con temáticas y fechas ambientales. A continuación, en la **Figura 8** y la **Figura 9** se evidencian 2 flyers realizados de temáticas y ambientales.

Figura 8. Flyers sobre el manejo de cortopunzantes



Fuente: Aguas Nacionales (2022)

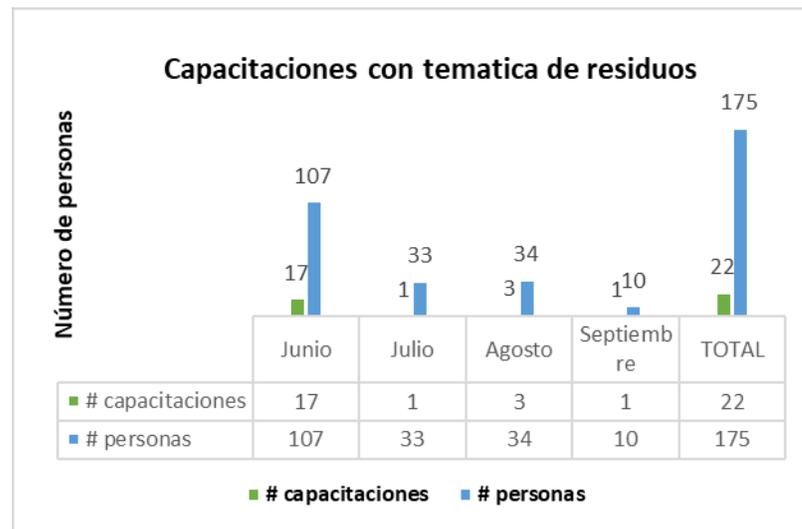
Figura 9. Flyer sobre Día Internacional contra el Cambio Climático



Fuente: Aguas Nacionales (2022)

4.1.2.2 Capacitaciones ambientales. Se realizaron 22 capacitaciones en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, con la participación de 175 personas del área de operaciones, mantenimiento, interventoría, personal de seguridad, personal de RECUPERAR, entre otros. Además, se tomó evidencia fotográfica de las jornadas. (véase en el **Anexo 23**). A continuación, en el **Gráfico 6**, se evidencia el número de asistentes a capacitaciones de residuos.

Gráfico 6. Número de asistentes capacitaciones residuos



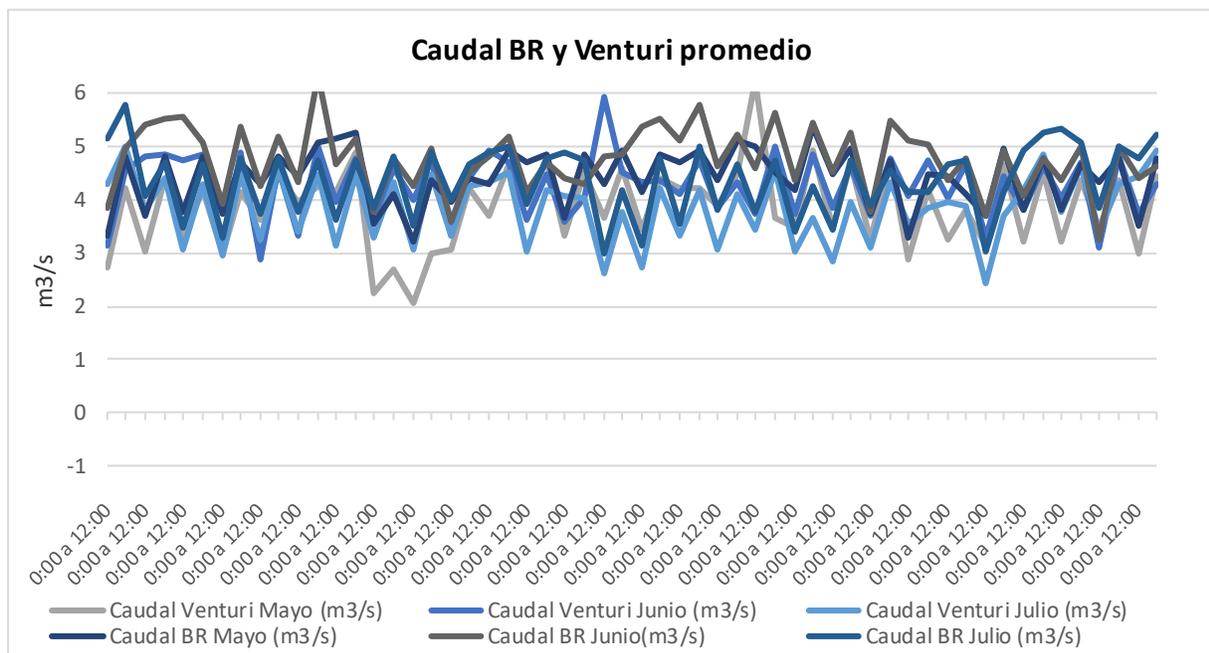
Fuente: Elaboración propia (2022)

4.1.3 Apoyo a la gestión documental

A continuación, se muestran los resultados de las actividades encaminadas a la gestión de documentación y archivos en el área de biosólidos.

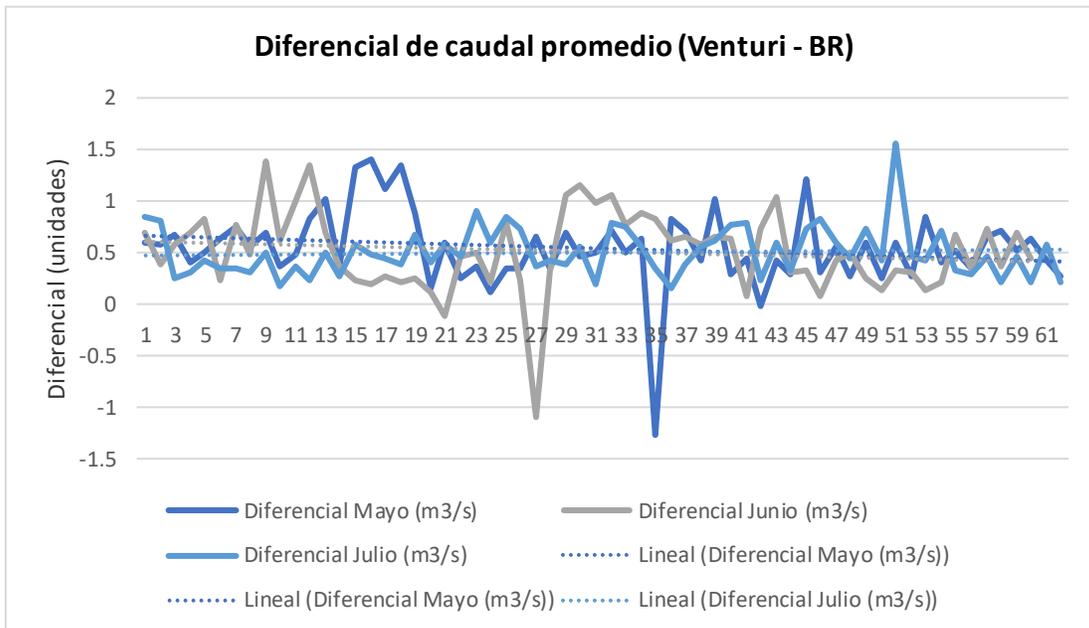
4.1.3.1 Seguimiento a la generación de datos diarios para caudal de entrada, salida y recirculación. Se diligenciaron caudales diarios desde el mes de mayo hasta julio en unidades de m^3/s y se halló el caudal BR y Venturi promedio y el diferencial de estos, como se muestra en el **Gráfico 7** y **Gráfico 8**. Adicionalmente, se diligenció el reporte de caudales diarios para el caudal efluente (Caudal venturi en m^3/s) en los meses mencionados, como se muestra en el **Gráfico 9**.

Gráfico 7. Caudal BR y Venturi promedio



Fuente: Elaboración propia (2022)

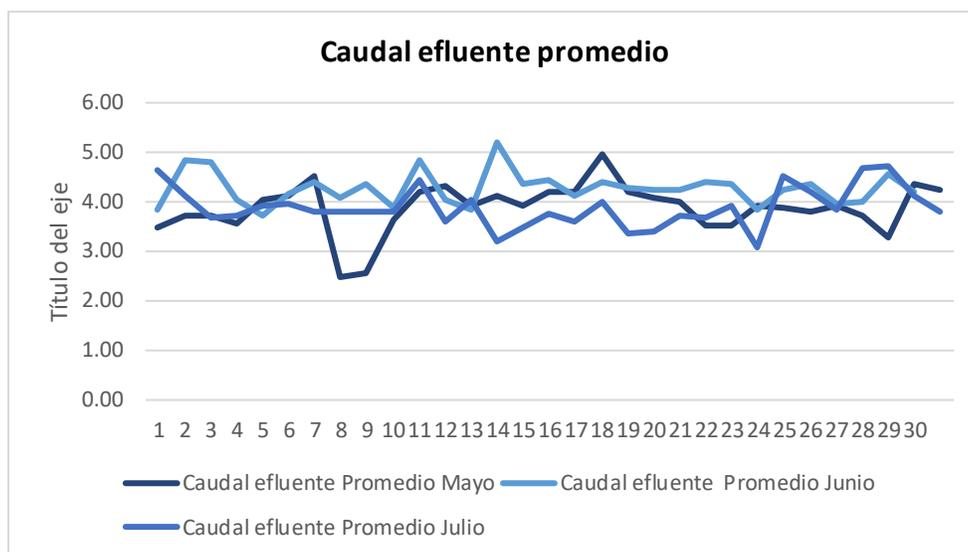
Gráfico 8. Diferencial de caudal promedio (Venturi- BR)



Fuente: Elaboración propia (2022)

A continuación, en el **Gráfico 9. Caudal efluente promedio**, se muestra el comportamiento del caudal efluente promedio en los meses de mayo, junio y julio.

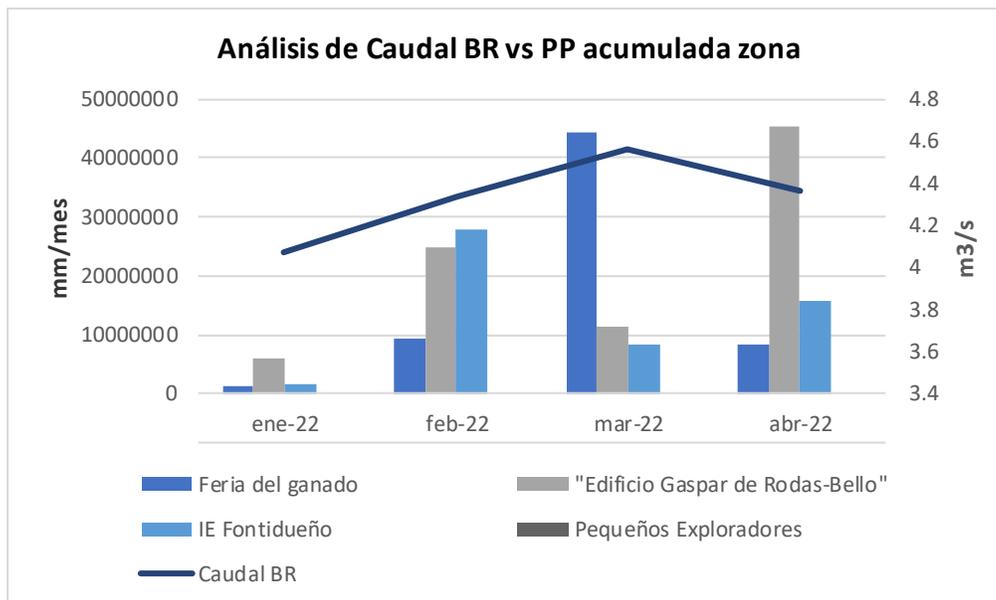
Gráfico 9. Caudal efluente promedio



Fuente: Elaboración propia (2022)

4.1.3.2 Diligenciamiento de datos de precipitación (Estaciones SIATA). Se diligenciaron los datos de precipitación en el formato *Datos de precipitación SIATA* para el mes de abril. A continuación, en el **Gráfico 10**, se evidencia el comportamiento del caudal BR (caudal de entrada) versus la precipitación acumulada en cada estación.

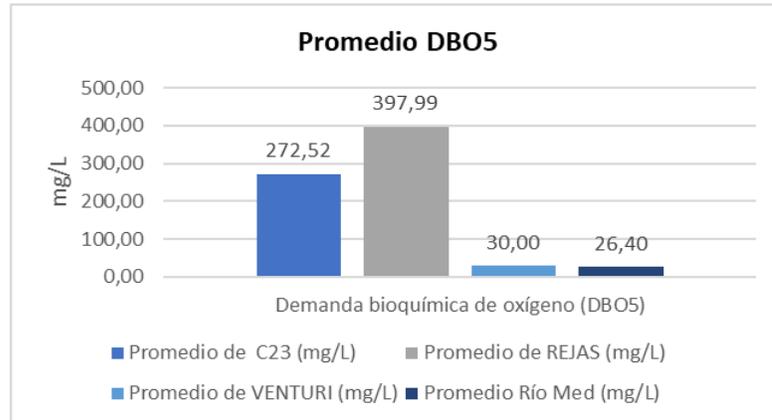
Gráfico 10. Caudal BR vs precipitación acumulada



Fuente: Elaboración propia (2022)

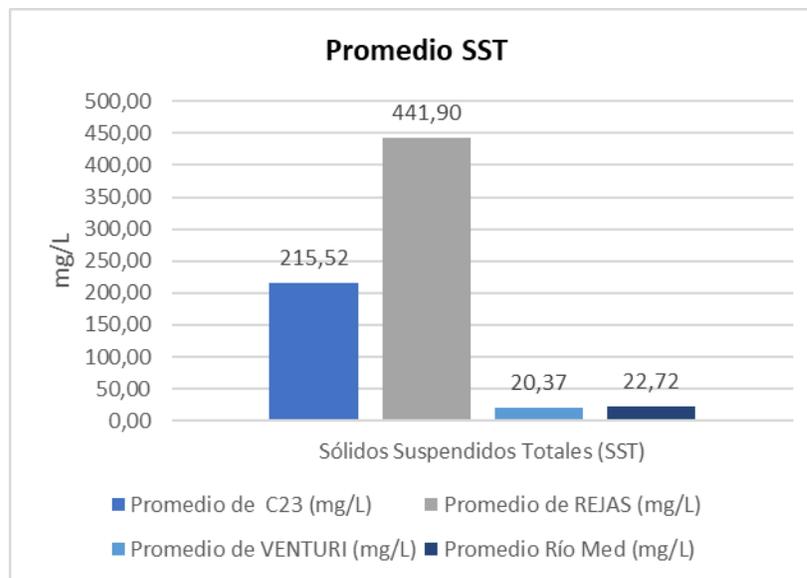
4.1.3.3 Seguimiento de la información reportes calidad del agua. Se digitalizaron 46 reportes de ensayo para los puntos de muestreo C26, Venturi, Rejas, y Río Aburrá - Medellín, entre los meses hasta agosto. A continuación, se presenta los resultados, en los **Gráfico 11** y **Gráfico 12**, de los parámetros más importantes, como la Demanda Bioquímica de Oxígeno BDO5 y los Sólidos Suspendidos Totales SST.

Gráfico 11. Promedio demanda bioquímica de oxígeno BDO5



Fuente: Elaboración propia (2022)

Gráfico 12. Sólidos suspendidos totales SST



Fuente: Elaboración propia (2022)

4.1.4 Identificación de aspectos e impactos ambientales

A continuación, se muestran los impactos hallados a partir de la matriz CONESA

4.1.4.1 Construcción de la matriz CONESA de aspectos e impactos ambientales. Para la matriz CONESA se realizó la valoración de los aspectos e impactos ambientales en compañía con todo el equipo de gestión ambiental y el Área de Gestión Social para los componentes bióticos (fauna y flora) y el componente abiótico (aire) en las reuniones programadas, como se muestra en la **Figura 10**.

Figura 10. Importancia (I) matriz CONESA

MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES			Importancia(I)	
BIOTICO	Fauna	Pérdida de individuos por confinamiento o daño mecánico por atrapamiento en estructuras, edificios y equipos, o daño calorífico en chimeneas y superficies caliente, o por colisión contra cristales y/o estructuras	44	Moderado
		Pérdida de individuos por tránsito de vehículos automotores y camiones por las vías de la Planta	-20	Irrelevante
		Desplazamiento de los individuos de fauna silvestre por ruidos, circulación de vehículos, presencia humana, entre otros.	-18	Irrelevante
		Cambios de registros y estadísticas de las poblacionales de fauna silvestre por implementación del programa de manejo de fauna	48	Moderado
	Flora	Agotamiento recursos naturales no renovables (ACPM, Aceite) por las actividades de remoción de cobertura vegetal que emplean maquinaria (Guadaña, motosierra)	-29	Moderado
		Contaminación del suelo por vertimiento de residuos peligrosos (ACPM, Aceite) durante las actividades de remoción de cobertura vegetal (Guadaña, motosierra)	-47	Moderado
		Pérdida de servicios ambientales (Captura de CO ₂ , hábitats, etc) por Poda y Tala de Árboles	-23	Irrelevante
		Pérdida de especies de fauna silvestre por las actividades de remoción de cobertura vegetal	-18	Irrelevante
		Disminución de la contaminación atmosférica por la captura de GEI con la siembra de individuos arbóreos nuevos	47	Moderado
		Mejora conectividad ecológica urbana por la conformación de corredores biológicos por las siembras nuevas	29	Moderado
ABIÓTICO	Aire	Disminución en el agotamiento de recursos naturales por el incremento de la producción de energía eléctrica	0	Irrelevante
		Incremento de olores ofensivos y gases	-57	Severo
		Molestias en la comunidad por el incremento de olores ofensivos	-57	Severo
		Disminución de olores ofensivos en el proceso de deshidratación de lodos	37	Moderado
		Incremento de la generación de ruido en el ambiente	-24	Irrelevante

Fuente: Equipo de gestión ambiental Aguas Nacionales (2022)

4.2 Apoyo a la Gestión Biosólidos de la PTAR Aguas Claras

Se evidencian los resultados de las actividades realizadas en el área de gestión biosólido.

4.2.1 Seguimiento del transporte de biosólido húmedo y seco

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del transporte diario y el seguimiento al transporte en campo del biosólido.

4.2.1.1 Reporte diario de la programación biosólidos y disponibilidad de vehículos. Se diligenció diariamente el reporte desde el mes de septiembre hasta noviembre. A continuación, en la **Tabla 2** se muestra el balance de viajes para las volquetas de Aguas Nacionales, en la **Tabla 3**, el balance de volquetas particulares y en la **Tabla 4**, el balance de las volquetas contratadas OLT, en los meses de septiembre y octubre y noviembre.

Observación: El reporte diario para el mes de noviembre se diligenció hasta el 03 de noviembre por la finalización de las actividades de la practica académica.

Tabla 2. Balance viajes de volquetas propias

Mes	Suma de # de viajes cumplidos SF	Suma de Peso en Ton Volquetas SF	Suma de # de viajes cumplidos AC	Suma de Peso en Ton Volquetas AN BH	Suma de Peso en Ton Volquetas AN BS
Septiembre	161	2,189.69	320	2,090.96	1,186.89
Octubre	172	2,379.62	390	2,723.35	1,201.61
Noviembre	23	299.40	28	89.00	125.51
Total	356	4,868.71	738	4,903.31	2,514.01

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 3. Balance viajes de volquetas particulares

Mes	Suma de # Viajes Particular BS	Suma de Peso Particular BS2	Suma de # Viajes Particular BH	Suma de Peso Particular BH3
Septiembre	9	61.614	0	0
Octubre	5	31.98	0	0
Noviembre	0	0	0	0
Total	14	93.594	0	0

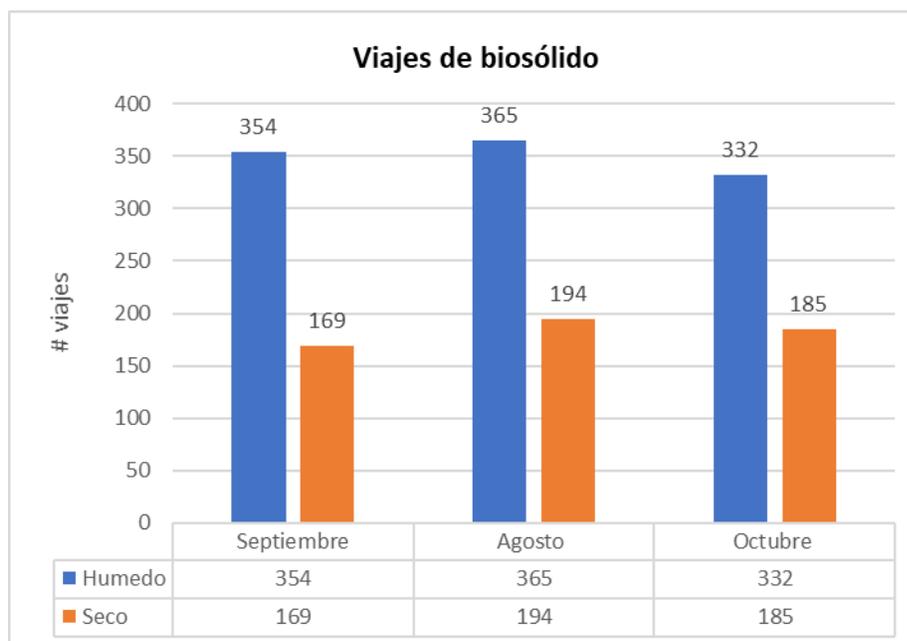
Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 4. Balance viajes de volquetas contratadas OLT

Mes	Suma de # de viajes OLT BH	Suma de # de viajes OLT BS	Suma de Peso en Ton Volquetas OLT BH	Suma de Peso en Ton Volquetas OLT BS
Septiembre	12	0	186.41	0
Octubre	9	3	143.51	17
Noviembre	5	0	72.23	0
Total	26	3	402.15	17

Fuente: Elaboración propia (2022)

4.2.1.2 Seguimiento al transporte de biosólido en campo. Se diligenciaron formatos de control de vehículos con la información de cada viaje (Aguas Claras y San Fernando) realizado por los conductores. Para el mes de agosto se diligenciaron 553 viajes, para el mes de agosto 559 viajes y para el mes de octubre 517 viajes, con un total de 1599 viajes.

Gráfico 13. Viajes de biosólido húmedo y seco

Fuente: Elaboración propia (2022)

4.2.2 Seguimiento a los informes de caracterización del biosólido (húmedo/seco) y cálculo de la tasa anual de la aplicación de biosólidos TAAB.

A continuación, en la **Tabla 5**, se muestran los resultados de los informes de caracterización diligenciados para el mes de julio, en la **Tabla 6** el cálculo de TAAB de biosólido húmedo y **Tabla 7** de biosólido seco, para los meses de abril, mayo, junio y julio.

Tabla 5. Caracterización biosólido julio

Variable (mg elemento/kg)	Valores máximos permisibles (Decreto 1077 de 2015, cap. 4) Categoría B	Biosólido húmedo	Biosólido seco
Arsénico	40.00	10.00	10.00
Cadmio	40.00	3.11	3.11
Cobre	1750.00	386.26	357.10
Cromo Total	1500.00	190.48	210.67
Mercurio Total	20.00	0.91	1.17
Molibdeno	75.00	4.10	4.20
Níquel	420.00	98.90	104.39
Plomo	400.00	42.44	69.89
Selenio	100.00	4.00	4.00
Zinc	2800.00	849.62	968.38

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 6. Cálculo TAAB para biosólido húmedo

BIOSÓLIDO HUMEDO AGUAS CLARAS										
Fecha	TMAA (kg/ha-año)									TAAB (ton/ha-año)
	Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Cromo (Cr)	Mercurio (Hg)	Níquel (Ni)	Plomo (Pb)	Selenio (Se)	Zinc (Zn)	
	2	1,9	75	150	0,85	21	15	5	140	
TAAB (Ton/ha-año) por parámetro										
abr-22	200,000	275,762	156,961	772,177	849,405	339,734	433,501	500,000	136,599	136,599
may-22	200,000	583,538	166,882	779,176	880,646	152,972	351,832	1250,000	110,658	110,658
jun-22	200,000	610,148	210,635	668,101	861,982	179,539	297,177	1250,000	147,074	147,074
jul-22	200,000	610,148	210,023	712,004	724,638	201,176	214,620	1250,000	144,572	144,572
jul-22	200,000	610,148	231,557	863,886	1015,774	239,188	319,074	1250,000	151,641	151,641

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 7. Cálculo TAAB para biosólido seco

BIOSÓLIDO SECO AGUAS CLARAS										
Fecha	TMAA (kg/ha-año)									TAAB (ton/ha-año)
	Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Cromo (Cr)	Mercurio (Hg)	Níquel (Ni)	Plomo (Pb)	Selenio (Se)	Zinc (Zn)	
	2	1,9	75	150	0,85	21	15	5	140	
TAAB (Ton/ha-año) por parámetro										
abr-22	200,000	249,442	193,406	733,608	715,127	223,554	574,713	714,286	166,013	166,013
may-22	200,000	421,754	157,926	747,470	763,290	159,534	360,560	980,392	117,384	117,384
jun-22	200,000	610,148	183,633	626,326	832,028	215,619	345,495	1250,000	147,074	147,074
jul-22	200,000	610,148	194,168	787,468	931,915	216,729	353,473	1250,000	164,779	164,779

Fuente: Elaboración propia (2022)

4.2.3 Elaboración de la trazabilidad del cálculo de TAAB de metales en los inscritos.

Se realizó la trazabilidad en conjunto con el auxiliar del área de biosólido de los meses de junio, julio, agosto y septiembre para los predios que reciben biosólido húmedo y seco. En el mes de mayo se realizaron trazabilidades para 108 predios, en junio se realizaron trazabilidades a 109 predios, en el mes de julio a 92 predios, en el mes de agosto a 90 predios y en el mes de septiembre a 84 predios.

Es importante tener en cuenta que la trazabilidad de metales pesados se realiza solo para los predios que reciben biosólido para uso en mejoramiento de suelos y reforestación. Los predios que reciben biosólido para realizar compostaje se encuentran exentos de las restricciones para el uso del suelo después de la aplicación de los biosólidos de categoría B (Decreto 1284 de 2014, art 9).

En la **Figura 11**, se observa la trazabilidad de uno de los predios inscritos al programa llamado Chaquiral ubicado en Santa Rosa de Osos.

Figura 11. Trazabilidad predio Chaquiral - Santa Rosa de Osos

Informe trazabilidad Biosólidos Aguas Claras		Agosto 2022 - Julio 2023	
Predio:	Chaquiral	Mes	Area aplicada (Ha)
Propietario y/o administrador:	Juan Esteban Pérez	Agosto	2.823
Municipio:	Santa Rosa de Osos	Septiembre	0.956
Hectareas para mejorar:	200	Acumulado	4

Tabla 1. Tasa máxima de aplicación TMAA (Kg/Ha-año)

Parámetro	Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Cromo (Cr)	Mercurio (Hg)	Níquel (Ni)	Plomo (Pb)	Selenio (Se)	Zinc (Zn)
Septiembre 2022 (Kg/Ha-año)	0,0870	0,027	3,107	1,832	0,010	0,908	0,608	0,035	8,42
Tasa máxima anual de aplicación TMAA (Kg/Ha-año)	2	1,9	75	150	0,85	21	15	5	140
Cumple	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

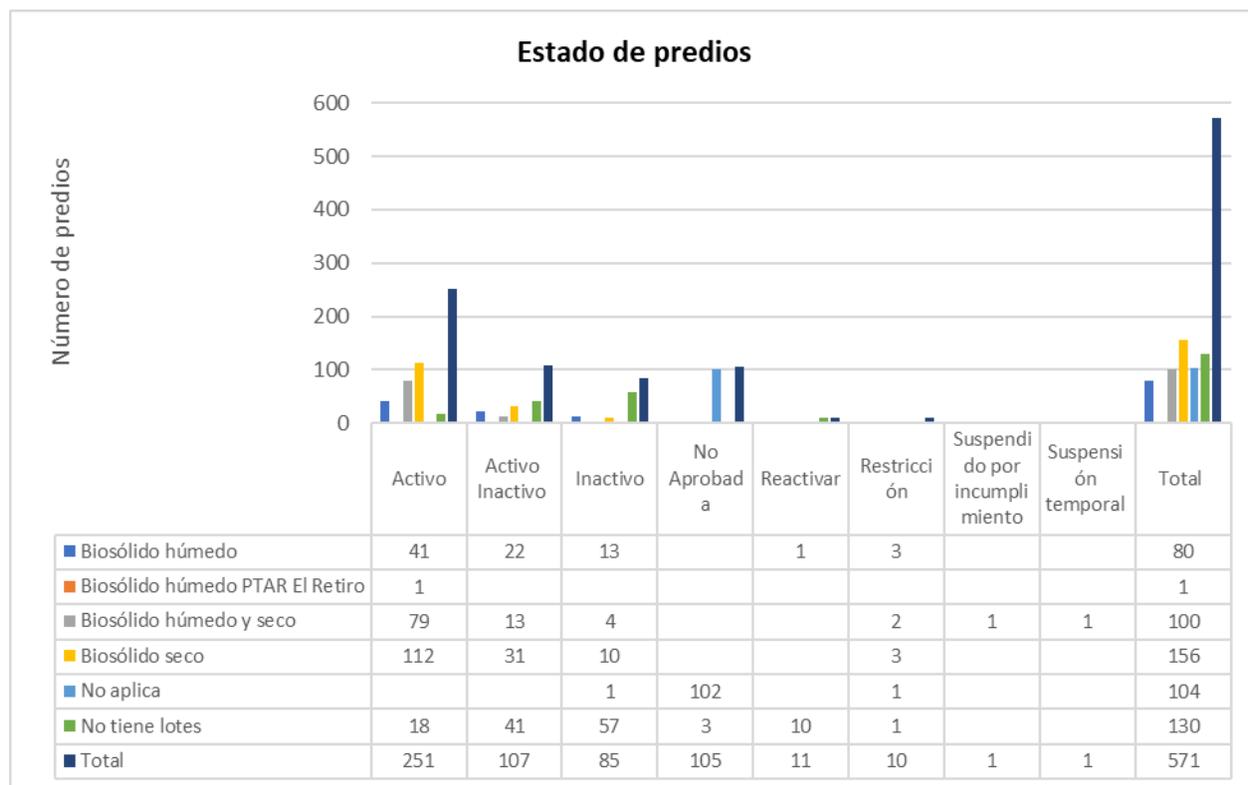
Tabla 2. Tasa acumulativa de aplicación (kg/Ha)

Parámetro	Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Cromo (Cr)	Mercurio (Hg)	Níquel (Ni)	Plomo (Pb)	Selenio (Se)	Zinc (Zn)
Acumulado (Kg/Ha)	0,6134	0,2997	29,511	15,521	0,222	7,820	3,519	0,478	80,55
Tasa acumulativa de aplicación en el suelo Kg/Ha	41	39	1500	3000	17	420	300	36	2800
Cumple	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia (2022)

4.2.4 Actualización del estado de los predios inscritos en el programa de uso responsable del biosólido.

A continuación, en el **Gráfico 14**, se muestra el consolidado del estado de predios actualizado con el tipo de biosólido que reciben.

Gráfico 14. Consolidado estado de predios

Fuente: Elaboración propia (2022)

4.2.5 Apoyo al fomento del uso del biosólido

Como resultado del fomento del uso del biosólido, se realizó un folleto (véase en el **Anexo 24**) con la información resumida sobre la gestión de biosólido y el programa de uso responsable del biosólido con el fin de divulgación para los interesados en inscribirse al programa, municipalidades, actores institucionales, entre otros. Este folleto se realizó en dos versiones, la versión digital, que se comparte por correo electrónico, grupos de WhatsApp, contactos y redes sociales corporativas, como también, la versión física que se imprime y se comparte de manera personalizada a los interesados y en eventos relacionados con el uso del biosólido.

4.2.6 Visitas de viabilización de los predios interesados en el programa de Uso Responsable del Biosólido

Se realizó una visita de viabilización a un predio ubicado en La Unión – Antioquia en acompañamiento con el Profesional Forestal del Equipo de gestión ambiental. De la visita se elaboró un informe con la evaluación de las condiciones del predio para recibir biosólido de acuerdo con el Decreto 1287 de 2014, “*Por el cual se establecen los criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales*”. Adicionalmente se tomó evidencia fotográfica (véase en el **Anexo 25**).

En el recorrido por el lugar se pudo establecer que la finca está conformada por dos predios, el primero de ellos es la Esperanza donde se ubica la vivienda principal, bodega de insumos agrícolas y el sitio de almacenamiento de biosólido construido por el propietario de la finca; el segundo es La Minita, donde encontramos un parche de bosque de reserva asociado a un nacimiento de agua que transcurre por el predio y descarga al Río San Miguel.

Durante el recorrido se pudo evidenciar que el predio tiene vocación agrícola con cultivo de aguacate tipo exportación y cuenta con alrededor de 4.800 árboles en etapa productiva (fructificación), el predio presenta una topografía escarpada, lo que propicia la presencia de procesos erosivos si no se cuenta con un manejo adecuado de aguas de escorrentía y presencia de cobertura vegetal.

En el recorrido se pudo evidenciar la presencia de zanjas en el terreno que atraviesan el predio en varias partes, las cuales son realizadas para el manejo de las aguas de escorrentía, disminuyendo el encharcamiento del agua en el sistema radicular de los árboles minimizando la aparición de problemas fitosanitarios en el cultivo.

Por información aportada por el propietario del predio, el objetivo de uso del biosólido seco es para aporte de materia orgánica a todos los individuos arbóreos en fase productiva y de forma directa en diferentes dosificaciones a manera de ensayo; uso no permitido en el Decreto 1287 de 2014 para el biosólido en categoría B en el Art. 9, literal c y d.

5 Análisis

5.1 Apoyo a la gestión ambiental de la PTAR Aguas Claras

A continuación, se muestra el análisis de resultados para las actividades realizadas en el área de gestión ambiental.

5.1.1 *Gestión de residuos sólidos*

Para las actividades relacionadas con la gestión de residuos sólidos se presentan los siguientes análisis.

5.1.1.1 Seguimiento y evaluación de la separación en la fuente de residuos sólidos. Como se observa en el **Gráfico 1**, se evidencian ascensos relevantes en 9 de los 21 puntos ecológicos durante los meses de mayo hasta agosto, de la misma forma, se evidencian descensos relevantes en 5 de los 21 puntos ecológicos durante los meses mencionados. Además, según el **Gráfico 2**, se muestra que 13 puntos ecológicos presentan una puntuación promedio favorable entre 4.0 y 5, mientras que 7 puntos ecológicos presentan una puntuación promedio desfavorable con un valor entre 2.8 y 3.7.

Estos resultados evidencian que es necesario la implementación de estrategias de mejora para que el comportamiento de ascenso en la puntuación siga presentándose y las puntuaciones bajas desaparezcan. Una de las estrategias es integrar a las jornadas de capacitación, juegos, competencias y actividades lúdicas que incentiven la cultura ambiental. También, la instalación de carteles educativos en lugares estratégicos para la separación de residuos. Además, capacitar al personal de RECUPERAR y mantener una comunicación eficaz que permita notificar sobre las novedades y falencias presentadas en los puntos ecológicos. Adicionalmente, es

indispensable capacitar siempre al personal de seguridad y personal flotante como contratistas y visitantes.

5.1.1.2 Seguimiento y evaluación de la separación de residuos sólidos del edificio de

operaciones EDO e Interventoría. De la implementación de esta nueva actividad en la gestión de residuos sólidos, se obtuvieron resultados excelentes debido a que el personal de las oficinas participó activamente y fue receptivo y atento con el sistema de calificación cualitativa a partir de caras de colores. Este tipo de actividades que incentivan la competencia sana entre el personal con el fin de afianzar las buenas prácticas ambientales, se deben seguir implementando en la organización.

5.1.1.3 Seguimiento a la generación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos.

Como se muestra en el **Gráfico 3** sobre la generación de residuos peligrosos, se evidencia que el residuo peligroso más generado es el azufre semisólido, especialmente, en los meses de mayo y junio. Y el residuo peligroso menos generado es el tóner de impresora. Los residuos que son generados con una constancia diaria son las estopas, liencillos contaminados con aceite y los elementos de protección personal, estos materiales son utilizados con una frecuencia diaria por el personal del edificio de mantenimiento (electricidad, soldadura, mecánica) que se encarga de reparar equipos y materiales de los procesos de la planta de tratamiento.

En cuanto a la generación de azufre semisólido, este es producido constantemente de las condensadoras del proceso de espesamiento y deshidratación de los lodos. El procedimiento que se debe seguir para almacenar el azufre en el cuarto de residuos peligrosos es filtrar el parte sólido y el líquido debe ser dispuesto en Cabeza de Proceso (CP) donde ingresa el agua residual a la PTAR, pero el personal ayudante de operaciones, al tener complicaciones para realizar ese

procedimiento, se están generando grandes cantidades de este material, mayormente líquido.

Para esto, se están realizando pruebas con distintos materiales que permitan filtrar de manera más eficaz y también, se están realizando muestras de laboratorio a este residuo para evaluar su composición y darle otro aprovechamiento.

5.1.1.4 Seguimiento del almacenamiento y recolección de residuos aprovechables. Como se observa en el **Gráfico 4**, la recolección de residuos aprovechables en los meses de mayo a Julio presenta un promedio de 507,3 kg. Se evidencia un incremento de mayo a junio, teniendo en cuenta, que en mayo solo se recolectó chatarra y de junio a julio solo disminuyó 26,3 kg. Teniendo en cuenta las recolecciones realizadas en junio y julio, el residuo más generado en estos meses es el cartón con un promedio de 312,7 kg, seguido del plástico con un promedio de 276,35 kg y, en tercer lugar, la chatarra con un promedio de 148,9 kg.

De estos resultados, se puede notar que el cartón que es utilizado en empaque de todos los materiales comprados de distintas áreas, también productos del empaque de los refrigerios para los visitantes diarios a la planta de tratamiento. Además, el plástico es altamente utilizado por la compra de almuerzos a domicilio y la compra de bebidas en las máquinas expendedoras de la organización, todo esto, teniendo en cuenta que hay aproximadamente 260 colaboradores más el personal flotante que ingresa al lugar.

5.1.1.5 Seguimiento a la generación de residuos ordinarios y arenas. Como se muestra en el **Gráfico 5**, los residuos ordinarios y arenas recolectados de los procesos de tratamiento del agua residuales *Cabeza de proceso CP* y *Rejas* han disminuido en el paso de los meses de mayo hasta agosto. Las arenas se componen de rocas fragmentadas y como no se disuelven en el agua por su tamaño y densidad se sedimentan debido al arrastre de las fuentes hídricas. En cuanto a los residuos ordinarios, se ha notado una disminución de la recolección, lo que evidencia una menor disposición de residuos en las tuberías de los alcantarillados y en las fuentes hídricas debido a que los procesos involucrados para el filtro de estos residuos funcionan adecuadamente.

5.1.2 Apoyo al fomento de la cultura ambiental.

A continuación, se muestran los análisis obtenidos del proceso educativo ambiental aplicado en la PTAR Aguas Claras.

5.1.2.1 Flyers con temáticas y fechas ambientales. Se realizaron 5 flyers con temática de flora, fauna y residuos y 4 flyers sobre fechas ambientales de acuerdo con un cronograma establecido. Una muestra se encuentra en la **Figura 8** y **Figura 9**.

Estas actividades de divulgación presentan buena recepción en los colaboradores de la organización porque permiten dar a conocer información sobre temáticas ambientales con textos cortos, simples y con contenido gráfico, que facilita su entendimiento. Además, permite mantener al personal informado sobre las estadísticas actuales de la gestión ambiental dentro de la organización. Como actividad de mejora es recomendable utilizar de manera constante y optima las plataformas digitales y redes sociales corporativas para divulgar mensajes sobre buenas prácticas ambientales que permitan acaparar la mayor cantidad de comunidad interna y externa a la organización.

5.1.2.2 Capacitaciones ambientales. Teniendo en cuenta el **Gráfico 1** sobre la separación en puntos ecológicos de mayo hasta agosto, para analizar el **Gráfico 6**, se evidencia que hubo un aumento progresivo en la calidad de las puntuaciones de algunos puntos ecológicos para los meses de junio, julio y agosto cuando se retomaron las jornadas de capacitaciones con una cifra de 175 personas capacitadas.

Como recomendación para el mejoramiento de la pedagogía en el proceso educativo ambiental, sería favorable la implementación de estrategias dinámicas para capacitar a los colaboradores, como la utilización de juegos interactivos, competencias por oficina como el apadrinamiento de puntos ecológicos, presentaciones artísticas que permitan culturizar en la temática ambiental a través del disfrute y el entretenimiento sin transmitir monotonía.

5.1.3 Apoyo a la gestión documental

A continuación, se presentan los análisis de la gestión datos, documentos y archivos en el área de biosólidos.

5.1.3.1 Seguimiento a la generación de datos diarios para caudal de entrada, salida y

recirculación. De los resultados obtenidos en el **Gráfico 7** que muestran el promedio del caudal de entrada BR y el caudal de salida Venturi, se evidencia que la tendencia general de los valores promedio se encuentra entre $3 \text{ m}^3/\text{s}$ y $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Se observan varios picos de ascenso en el caudal de entrada BR y caudal de salida para los meses de mayo, junio y julio elevando el caudal hasta $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$, los cuales son ocasionados por las intensas precipitaciones presentadas este año. Así mismo, se observa un pico de descenso en el caudal de salida Venturi para el mes de mayo.

En el **Gráfico 8**, se muestran varios picos del diferencial promedio (caudal promedio de entrada BR - caudal de salida Venturi). Los picos de ascenso tienen una diferencia positiva entre $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ y $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ y se ocasionan cuando el caudal de entrada es mayor que el caudal de salida que es registrado en un tiempo determinado y los dos picos de descenso tienen una diferencia negativa con valores de $-1,1 \text{ m}^3/\text{s}$ y $-1,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Adicionalmente, los resultados obtenidos del caudal efluente del **Gráfico 9**, coinciden con la tendencia general presentada en el **Gráfico 7**.

5.1.3.2 Diligenciamiento de datos de precipitación (Estaciones SIATA). De los resultados obtenidos en el **Gráfico 10**, se evidencia que la mayor precipitación acumulada está evidenciada en la estación “Edificio Gaspar de Rodas – Bello” alcanzó un valor de $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de abril lo que coincide con la tendencia de incremento del caudal de entrada BR en la planta de tratamiento para el mismo mes. Como observación, la estación “Pequeños exploradores” no ha registrado información en el portal del SIATA desde el inicio del año 2022.

5.1.3.3 Seguimiento de la información reportes calidad del agua. Según el **Gráfico 11**, los resultados obtenidos muestran que el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno presenta el mayor valor de $397,99 \text{ mg/L DBO}_5$ en el punto de muestreo *Rejas* y disminuye a valores de 30 y 26 mg/L DBO_5 en *Venturi* (caudal de salida) y *Río Medellín*.

Teniendo en cuenta que el mayor valor del parámetro fue hallado en *Rejas* (unidad de pretratamiento) y donde se retienen los elementos gruesos y residuos finos (Grupo EPM, 2008), el agua residual se encuentra con un alto de nivel de contaminación por lo que se puede afirmar que el resultado es coherente con el punto muestreado debido a que, a mayor contaminación, mayor es la DBO_5 . Seguidamente, la considerable disminución del parámetro en el caudal de salida y en el río indican que el nivel de contaminación del agua es mucho menor lo que permiten la existencia de vida acuática en el afluente. Por otro lado, en el **Gráfico 12**, los

resultados obtenidos muestran que el parámetro de Sólidos Suspendedos Totales presenta el mayor valor de 441,09 mg/L en el punto de muestreo *Rejas* y disminuye a valores de 20 y 22 mg/L en *Venturi* (caudal de salida) y *Río Medellín*.

Ahora bien, el mayor valor del parámetro fue hallado en *Rejas* (unidad de pretratamiento) donde el agua residual se encuentra con alto nivel de contaminación y no se filtran los sólidos suspendidos. Los SST se definen como el material que permanece en suspensión en el agua residual y se determina como la cantidad de material retenido después de realizada la filtración de una muestra de agua. Hacen parte de los sólidos suspendidos el material sedimentable que es de fácil remoción por gravedad. (HCIngenieros SAS, 2016). Por consiguiente, se puede afirmar que el resultado es coherente que el valor de este parámetro sea tan alto en *Rejas* y que disminuya considerablemente en el caudal de salida y el río, cuando anterior a esto, el caudal de agua residual fue sometido a los tanques de sedimentación primaria y secundaria que permite remover los SST por gravedad.

5.1.4 Identificación de aspectos e impactos ambientales

A continuación, se muestra el análisis de los componentes diligenciados por todo el equipo de gestión ambiental en la Matriz CONESA

5.1.4.1 Construcción de la matriz CONESA de aspectos e impactos ambientales. Hasta el momento para la matriz CONESA se formularon 15 impactos ambientales con la Importancia (I) hallada para los componentes de fauna, flora y aire. De manera general, se hallaron 2 impactos con importancia severa, 7 impactos con importancia moderada, 6 impactos con importancia irrelevante.

Los dos impactos con importancia severa están directamente relacionados a la generación de olores ofensivos, los cuales son *Incremento de olores ofensivos* y *Molestias a la comunidad*

por el incremento de olores ofensivos. Estos dos impactos hacen parte de una crítica situación de olores que se presentó en la PTAR en sus inicios cuando se encontraba en periodo de estabilización de los procesos de tratamiento. Esta situación no se presenta actualmente debido al sistema de control olores que permite el seguimiento, evaluación y control de las sustancias generadoras de olores, pero, sigue siendo un impacto que se debe prevenir. Además, de la actualización de medidas de prevención y mitigación formuladas en el PMA para el control de olores, también se ha implementado programas sociales robustos para integrar la comunidad de la zona.

5.2 Apoyo a la Gestión Biosólidos de la PTAR Aguas Claras

A continuación, se muestran los análisis de los resultados obtenidos en las distintas actividades realizadas en el área de gestión biosólido.

5.2.1 Seguimiento del transporte de biosólido húmedo y seco

Los análisis de las actividades de seguimiento del transporte del biosólido como el reporte diario de los viajes y su transporte en campo se muestran a continuación.

5.2.1.1 Reporte diario de la programación biosólidos y disponibilidad de vehículos.

Del reporte diario se obtuvieron resultados para las volquetas propias Aguas Claras AC, particulares y contratadas OLT que transportan el biosólido de la Planta de Tratamiento Aguas Claras y la Planta de Tratamiento San Fernando SF a los predios.

De acuerdo con la **Tabla 2** sobre el balance de volquetas propias AC, se presenta un aumento en 70 viajes realizados de biosólido húmedo y seco de septiembre a octubre. Igualmente, para el biosólido húmedo cargado en SF, se presenta un aumento de 11 viajes de septiembre a octubre. Ambos aumentos de viajes realizados indican un aumento en la producción de biosólido. También es relevante mencionar que la producción de biosólido húmedo BH es

más del doble que la producción de biosólido seco BS en Aguas Claras, esto se debe a que la producción de biosólido es cada vez mayor para la capacidad de las 3 secadoras en la Planta de Secado Térmico, teniendo en cuenta que siempre debe haber una secadora en mantenimiento por mes para permitir el adecuado funcionamiento del sistema.

En vista de la alta producción de biosólido en Aguas Claras, se realizó una actividad encaminada a la actualización y amento de los predios inscritos a partir de la divulgación del Programa de Uso responsable del Biosólido evidenciada en el **Gráfico 14**. Además, cuando la capacidad de las volquetas propias no es suficiente para cargar el biosólido producido diariamente, se solicitan volquetas contratadas OLT, como se muestra en la **Tabla 4**. Donde se puede evidenciar 29 viajes en total con un peso total tanto de biosólido húmedo y seco de 419,15 toneladas desde septiembre hasta el 3 de noviembre.

Por otro lado, algunos usuarios inscritos al Programa de Uso Responsable del Biosólido que requieren una gran cantidad de biosólido o se encuentran a largas distancias de la PTAR, prefieren cargar el biosólido con volquetas particulares. Para este proceso deben leer y firmar una carta de responsabilidades y deben contar con los requisitos en cuanto a la recepción y transporte del biosólido. En este contexto en la **Tabla 3**, se muestra el balance de los viajes en volquetas particulares, con un total de 14 viajes únicamente de biosólido seco AC con un peso total de 93,594 toneladas de septiembre hasta el 03 de noviembre.

5.2.1.2 Seguimiento al transporte de biosólido en campo. Los resultados obtenidos en el **Gráfico 13.** Viajes de biosólido húmedo y seco, que contiene los viajes realizados para los meses de agosto, septiembre y octubre muestran una tendencia lineal para ambos tipos de biosólido. Los viajes de biosólido húmedo tienen un promedio de 350,3 viajes con valores entre 332 y 365, en cuanto a los viajes de biosólido seco, se tiene un promedio de 182,6 viajes con valores entre 169 y 194. De estos valores se puede evidenciar que el envío de biosólido seco es casi la mitad del biosólido húmedo, comportamiento que es coherente con la **Tabla 2.** Balance viajes de volquetas propias.

5.2.2 *Seguimiento a los informes de caracterización del biosólido (húmedo/seco) y cálculo de la tasa anual de la aplicación de biosólido TAAB*

En los resultados obtenidos de la **Tabla 5**, se muestra la última caracterización del mes de julio enviada por el laboratorio de muestreo de la Universidad Pontificia Bolivariana comparado con valores máximos permisibles para el biosólido de Categoría B estipulados en el Decreto 1077 de 2015, *Esta versión incorpora las modificaciones introducidas al Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio a partir de la fecha de su expedición.* Comparación que evidencia el cumplimiento con lo establecido en la normatividad con valores muy bajos.

El biosólido producido en la PTAR Aguas Claras es de categoría B en cuanto al contenido de metales por la concentración de Níquel porque según el Decreto 1077 de 2015 en el art 2.3.1.4.4, este metal tiene un valor máximo permisible para categoría A de 80 (mg Ni) /kg comparado con la caracterización del biosólido mostrada en la **Tabla 5**, el níquel presenta un valor de 98,90 (mg Ni) /kg para biosólido húmedo y un valor de 104,30 (mg Ni) /kg para biosólido seco. Evidentemente estos valores del Níquel son mayores por lo que se ubican como biosólido de categoría B. Seguidamente para el cálculo de la tasa de aplicación anual del

biosólido TAAB húmedo y seco se obtuvieron los resultados de la **Tabla 6** y **Tabla 7** en unidades de Ton/ha -año.

5.2.3 Elaboración de la trazabilidad del cálculo TAAB de metales pesados en los predios.

De acuerdo con el número de trazabilidades realizadas entre los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, el promedio es 98,6 trazabilidades, Este valor indica cuantos predios reciben biosólido para uso en mejoramiento y reforestación.

Según los informes de trazabilidad realizado, como se muestra en la en el presente año que verifican el cumplimiento de la normatividad, no se ha presentado ninguna suspensión del programa por saturación de metales pesado.

5.2.4 Actualización del estado de los predios inscritos en el Programa de Uso Responsable del Biosólido.

De acuerdo con el **Gráfico 14**. Consolidado estado de predio, se tiene un total de 251 predios activos después de la actualización realizada, este número indica un incremento favorable debido a que anteriormente, los predios activos eran 160, por lo tanto, incrementó en 91 predios. Estas cifras representan el crecimiento que ha tenido el programa desde mitad de año debido a las actividades de divulgación y acercamiento a las institucionalidades y comunidades de los municipios que tienen predios inscritos, como también el acompañamiento de los usuarios inscritos en el programa.

Seguidamente, en el mismo gráfico se puede evidenciar los predios activos inactivos (se encuentran activos en el programa pero que no reciben biosólido luego de largos periodos de tiempo), son solo 107. El incremento de los predios activos se debe a que se contactó vía llamada a los usuarios inscritos que se encontraban activos inactivos para conocer la razones por las cuales no recibían biosólido.

Entre las observaciones más comunes que exponían los usuarios, están el mal estado de las vías para transportar el material en volquetas doble troque, la falta de mano de obra para el riego y manejo del biosólido, la falta de infraestructura adecuada para la recepción de este y los mitos sobre el supuesto impacto negativo del biosólido sobre la salud del ser humano y del suelo, debido a estas observaciones, es necesario seguir el proceso educativo que incluya el acompañamiento y capacitación de la comunidad desde el área socio-ambiental para desmitificar estos mitos, mejorar las condiciones de recepción y manejo del biosólido y brindar información actualizada a la comunidad.

5.2.5 Apoyo al fomento del uso del biosólido.

Como resultado de esta actividad se elaboró un folleto sobre la gestión biosólido y el programa de uso responsable del biosólido en formato digital y para imprimir, (véase en el **Anexo 24**), el cual se ha divulgado por distintos medios de comunicación. La intención es que este tipo de materiales se siga divulgando entre los entes de interés, municipios, predios interesados y la comunidad en general. Además, es recomendable seguir implementado e-card, folletos, mensajes y hacer uso de las redes sociales y plataformas digitales.

5.2.6 Visitas de viabilización de predios para Programa de Uso Responsable del Biosólido.

Del informe de evaluación del predio, es importante mencionar que el propietario requiere aporte de biosólido seco de forma directa en el cultivo lo que representa un riesgo de lavado del material por escorrentía hacia el río San Miguel que se encuentra ubicado en la parte inferior del terreno, teniendo en cuenta la pendiente que presenta el predio y las zanjas construidas por todo el lote para el manejo de las aguas.

Como conclusiones, no es recomendable el uso del biosólido en el predio según lo requerido por el propietario por hacer parte de las restricciones contenidas en el Decreto 1287 de

2014, art 9. Por otro lado, se recomienda su uso a manera de investigación en un sector de la finca con una parcela demostrativa, donde el biosólido sea transformado por medio de una mezcla con microorganismo de montaña, que son la base para la elaboración de biofertilizantes, práctica que ya es de uso en el proceso productivo.

6 Conclusiones

La práctica profesional realizada en Aguas Nacionales S.A ESP fue un proceso de aprendizaje continuo en el que día a día se enfrentaron nuevos retos en la realización de actividades, que me permitieron aplicar los conocimientos adquiridos durante el programa académico y aprender a utilizar herramientas complementarias. De manera general, es una práctica muy completa y robusta donde se aplican conceptos, teorías y temáticas distintas de la labor profesional de un Ingeniero Ambiental y es necesario ser proactivo y eficiente en la resolución de problemas. Por otra parte, el apoyo realizado en las áreas de gestión ambiental y Gestión Biosólido fue de gran ayuda para complementar las actividades de los profesionales encargados lo que permitió conocer y manejar de primera mano procesos internos de la organización.

Inicialmente en el desarrollo de la práctica, se administró y apoyó la implementación del PMIRS en la PTAR, el cual plantea estrategias claras y completas para el adecuado manejo de los residuos e incluye un programa del fomento de la cultura ambiental, que se complementó con nuevas estrategias como el cambio en la pedagogía e intensidad de las capacitaciones, nuevos instrumentos de divulgación de la cultura ambiental como flyers, mensajes y folletos y el seguimiento y evaluación de los contenedores de las oficinas. Adicionalmente, se planearon estrategias nuevas a esperas de aplicación.

En el área de gestión ambiental, también se apoyó la elaboración de la matriz de impactos ambientales para integrar el Plan de Manejo Ambiental en acompañamiento con todo el equipo de profesionales. Esta actividad es de suma importancia para plantear medidas de prevención mitigación y remediación de los posibles impactos identificados.

Seguidamente, en la mitad de la práctica, se apoyó el planteamiento de estrategias para el mejorar la gestión biosólidos a partir del Programa de Uso Responsable del Biosólido, en el cual se realizaron múltiples actividades de seguimiento de la caracterización, transporte y recepción del biosólido, como también el seguimiento de la gestión de los predios inscritos al programa. Esta área es de vital importancia para garantizar que el biosólido tenga aprovechamiento y permita el establecimiento de procesos de economía circular en la organización. Esta área se encuentra aún en proceso de consolidación debido a que lleva pocos años de aplicación y a todos los factores que implican la gestión del biosólido, un material que es poco conocido y aún genera muchas dudas en la comunidad en general pero que es un subproducto que presenta múltiples propiedades para la enmienda de suelos, como se ha demostrado en la gestión interna del mismo y a nivel nacional e internacional en diversas investigaciones y el funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales en otros países.

7 Referencias

- Aguas Nacionales EPM. (17 de Junio de 2013). *Planta de Tratamiento Aguas Claras EPM*.
Obtenido de Aguas Nacionales EPM: shorturl.at/clAK5
- Aguas Nacionales EPM. (2020). *Informe de Sostenibilidad 2019*. Medellín.
- Angel, E., Carmona, S., & Villegas, L. (2010). *Gestión Ambiental en Proyectos de Desarrollo*.
Medellín : Centro Editorial Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia Sede
Medellín.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (1 de Octubre de 2018). *Residuos Sólidos*. Obtenido de
Área Metropolitana del Valle de Aburrá:
[https://www.metropol.gov.co/ambiental/residuos-
solidos/Documents/PGIRS/RESUMEN%20Y%20CARTILLA_PGIRS_Regional.pdf](https://www.metropol.gov.co/ambiental/residuos-solidos/Documents/PGIRS/RESUMEN%20Y%20CARTILLA_PGIRS_Regional.pdf)
- Arismendy, M. (2020). Diseño del programa de manejo integral de residuos sólidos (PMIRS) de
la empresa Estaco s.a., en el proyecto Buriticá Antioquia en el segundo semestre de 2018
al primer semestre de 2019. *Repositorio Institucional UNAD*.
- Bedoya, K., Acevedo, J., Peláez, C., & Agudelo, S. (2013). Caracterización de biosólidos
generados en la planta de tratamiento de agua residual San Fernando, Itagüí (Antioquia,
Colombia). *Salud Pública*, 778-799.
- Bohórquez, L. (2015). La importancia del Plan de Manejo Ambiental para la formulación de
estrategias de aprovechamiento industrial y económico de los residuos de la cadena
piscícola. *Repositorio Institucional Universidad Militar Nueva Granada*.
- Bolívar, N., Betancur, J., & Rodríguez, N. (2015). Estudio evaluativo del manejo de biosólidos
para el caso de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) El Salitre.
Facultad de Ingeniería. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Cabrera, C. (18 de Octubre de 2018). *Programa de Cultura Ambiental*. Obtenido de Universidad
de Nariño Colombia: [https://www.udenar.edu.co/recursos/wp-
content/uploads/2020/01/ANEXO-5.-SGA-PG-01-PROGRAMA-DE-CULTURA-
AMBIENTAL-V1.pdf](https://www.udenar.edu.co/recursos/wp-content/uploads/2020/01/ANEXO-5.-SGA-PG-01-PROGRAMA-DE-CULTURA-AMBIENTAL-V1.pdf)
- Dáguer, G. (2003). Gestión de biosólidos en Colombia . *Acodal 202*.

- Ecorecyclar. (6 de Abril de 2021). *PMIRS (Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos)*. Obtenido de Ecorecyclar Gestión Sostenible : <https://www.ecorecyclar.org/pmirs-plan-de-manejo-integral-de-residuos-solidos/>
- Eddy, M. &. (2003). *Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. 3ª edición, Editorial McGraw-Hill.
- Environmental Protection Agency [EPA]. (19 de Febrero de 1993). *Standards for the use or disposal of sewage sludge (40 Code of Federal Regulations Part 503)*. Obtenido de Environmental Protection Agency [EPA]: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2018-title40-vol32/xml/CFR-2018-title40-vol32-part503.xml>
- Ferrer, B., Menéndez, L., & Gutiérrez, M. (2004). La cultura ambiental por un desarrollo sano y sostenible. La experiencia de Cayo Granma. *Santiago (Edición 104)*, 59-80.
- Giraldo, O., & Lozano, A. (2006). Efecto del secado de los biosólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales El Salitre (Bogotá) sobre su contenido de nutrientes, metales pesados y patógenos. *Agronomía Colombiana* , 348–354.
- Grupo EPM. (16 de Abril de 2008). *Estudio de Impacto Ambiental Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Bello*. Obtenido de Grupo EPM: https://www.grupo-epm.com/site/Portals/22/Docs/documentos_de_interes/ptar_bello/hta-a-rp-01-10-c000-r1.pdf?ver=2015-06-16-124545-567
- HCIngenieros SAS. (6 de Octubre de 2016). *Manual de operación, mantenimiento y control de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Tecnológica de Pereira* . Obtenido de Unidad Tecnológica de Pereira: <https://www2.utp.edu.co/cms-utp/data/bin/UTP/web/uploads/media/contratacion/documentos/1480454882-INSTRUCTIVODEOPERACION.pdf.pdf>
- López, A. (2015). Manejo de Biosólidos a Raíz de la Nueva Normatividad en la Ptar Río Frío. *Universidad Militar Nueva Granada*.
- Melo, A., Rodríguez, A., & Gonzáles, J. (2017). Manejo de Biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 217-226.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia . (2 de Noviembre de 2021). *Plan de Manejo Ambiental*. Obtenido de Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio: <https://minvivienda.gov.co/node/44796>

- Ministerio de Vivivenda, Ciudad y Territorio. (18 de Noviembre de 2004). *RAS Titulo E*.
Obtenido de Ministerio de Vivivenda, Ciudad y Territorio:
https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf
- Miranda, L. (2013). Cultura ambiental: un estudio desde las dimensiones de valor, creencias, actitudes y comportamientos ambientales. *Producción + Limpia*, 94-105.
- Oropeza, N. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo. *Departamento de Ingenieria, Universidad de Quintana Roo Boulevard Bahía s/n esq. Ignacio Comonfort, Col. del Bosque*, 51-58.
- Rechcigl, J. (1995). *Soil amenments and environmental quality (Vol. 2)*. United States : CRC Press LLC.
- Valores Simesa, S.A. . (2016). *Ciudad del Rio Inspiración para una nueva Medellín* . Medellín: TelePress.

Anexo 5

Anexo 5. Evidencia fotográfica recolección de residuos peligrosos



Anexo 6

Anexo 6. Formato de control interno para la generación de residuos aprovechables

	CONTROL INTERNO PARA LA GENERACIÓN DE RESIDUOS APROVECHABLES		CÓDIGO
			VERSIÓN
FECHA DE RECOLECCIÓN:	Nombre del colaborador:		FECHA:
CARACTERÍSTICA DEL RESIDUO APROVECHABLE	PESO (Kg)	TOTAL POR CADA TIPO DE RESIDUO	
		RESIDUO	PESO (Kg)
Chatarra		Chatarra	0
		Cartón	0
		Archivo	0
		Plega	
		Plástico	0
		Pasta	0
		Vidrio	0
		Palos de madera	0
Cartón		KRAF	0
Archivo		Tulas	0
Plega			
Plástico			
Pasta			
Vidrio			
Palos de escoba			
KRAF			
Tulas			

Anexo 9

Anexo 9. Formato de Brief creativo

Formato Brief Creativo Comunicaciones	
	
<p>El brief creativo es un documento donde el área requeridora explica de manera detallada el requerimiento que necesita y será atendido por el área de comunicaciones</p>	
REQUERIDOR	
Nombre del proyecto	
Nombre del requeridor	
Número del Requerimiento	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ENTREGABLES	
¿Qué implica este proyecto?	
¿Cuál es el propósito?	
Entregable_1	
Entregable_2	
Entregable_3	
Entregable_4	
Entregable_5	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	
Información relevante	
OBJETIVOS	
Objetivo 1	
Objetivo 2	
Objetivo 3	
PÚBLICO OBJETIVO	
Público Objetivo	
MENSAJES	
Mensaje Principal	
DISEÑO	
Estilo de la campaña	
REQUISITOS CREATIVOS Y TÉCNICOS	
Image Requirements	
Copy Requirements	
Technical Requirements	
PLAZOS Y ENTREGABLES	
Fecha esperada de entrega	
Fecha de entrega	
Enviar proyecto inicial	
Enviar proyecto final	
PRESUPUESTO	
Estimación servicio 1	Lo llena el área de comunicaciones cuando sea productos de Agencia de Publicidad

Recuerde: Debe anexas las fotografías que debe llevar cada pieza, en el caso de e-cards, invitaciones etc.

Anexo 12

Anexo 12. Formato de caudales diarios

 REPORTE DE CAUDALES DIARIOS						
Día	Caudal afluente			Caudal efluente		
	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
Total m3 tratados mes			#iDIV/0!			

Anexo 24

Anexo 24. Folleto digital Gestión del Biosólido

Gestión del Biosólido en la Planta de Tratamiento Aguas Claras

Origen del agua residual



Fuente generadora del agua residual



Fuente generadora del agua residual



Tubería de gran diámetro para recolectar y transportar las aguas residuales mixtas hacia la PTAR Aguas Claras.

1

Generación del biosólido

El proceso de tratamiento del agua residual en Aguas Claras nos permite generar dos formas de biosólido que comúnmente se conocen como **Biosólido Húmedo y Biosólido Seco** clasificados como categoría B según el Decreto 1287 de 2014.

Este **NO ES UN RESIDUO**, sino un material estabilizado y con **POTENCIAL** de aprovechamiento agrícola, forestal, ambiental y energético.

El Biosólido, mejorador orgánico de suelos

El Biosólido producido en la planta de tratamiento, ayuda a mejorar la estructura del suelo por medio de mayor aireación, mayor capacidad de retención de agua y nutrientes, además, proporciona el desarrollo radicular de las plantas.

El Biosólido contiene macronutrientes y micronutrientes que aportan a la nutrición vegetal de las plantas.




2 Predio La Ramona

Uso del biosólido húmedo y seco

Nuestro biosólido se puede usar en:

- Procesos agrícolas.
- Conformación de taludes.
- Conformación de capa vegetal de rellenos sanitarios.
- Plantaciones forestales.
- Generación de energía.
- Transformación de compost para abonos orgánicos.
- Procesos de recuperación de suelos degradados.



Ubicada en Santa Rosa de Osos y su actividad productiva es el cultivo de flores.



Ubicado en el municipio de Yarumal y su actividad productiva es la ganadería

3 aguas nacionales® Grupo-epm

Programa Uso responsable del biosólido

La PTAR Aguas Claras genera cerca de **250 toneladas de Biosólido** en base húmeda al día, de los cuales cerca del 70% se llevan a secado térmico para reducirlo a 60 toneladas.

Objetivo

Realizar seguimiento y control del biosólido que se distribuye, garantizando la responsabilidad social y ambiental para su uso y manejo.

¿Cómo se realiza la distribución?

Se evalúa la capacidad de los predios, las cercanías, las rutas de producción, la disponibilidad de vehículos y las condiciones de las vías para programar las rutas de distribución.

¿Quieres hacer parte?

Comunícate al correo
biosolidos@aguasnacionalesepm.com

O a los teléfonos
3008128578 – 3045323536

Allí se enviará información y un formulario a diligenciar para evaluar las condiciones del predio.

4

El formulario consiste en

- 1 Preevaluación:** Los usuarios informan del área de su predio, la actividad productiva, ubicación y su capacidad de recepción.
- 2 Viabilización de los predios:** Cuenca Verde, quien es el gestor en campo realiza la visita a los predios interesados y recibe la instrucción desde Aguas Nacionales sobre los predios a visitar, luego programa la inspección, evalúa las condiciones del cumplimiento del Decreto 1287 de 2014 y emite un concepto sobre el ingreso al programa.
- 3 El seguimiento de la distribución:** Cuenca Verde visita los predios para evaluar y garantizar el cumplimiento de las condiciones de uso de biosólido, valida la no generación de impactos ambientales y realiza recomendaciones sobre cada predio, su comportamiento, actividades de mejora y otras novedades.



5

¿Cómo se evalúa la calidad del biosólido?

La PTAR Aguas Claras garantiza las condiciones del producto entregado, cumpliendo el decreto 1287 de 2014 y se realiza una caracterización mensual del biosólido tanto seco como húmedo en un laboratorio acreditado ante el IDEAM.

Nuestra gestión Alianzas estratégicas en el territorio

Dentro del programa contamos con ejercicios de planeación y ejecución de estrategias para el relacionamiento con entes de interés, entre los que se destacan dependencias del gobierno local del territorio, autoridades ambientales, comunidades, entre otros.

¿Cómo controlamos y vigilamos la información?

El programa cuenta con procedimientos documentados en el sistema de calidad de la operación.

Se cuenta con un software donde se centraliza la información del transporte y distribución del material, los resultados de los monitoreos y los predios vinculados, activos e inactivos dentro del programa.

6

Anexo 25

Anexo 25. Evidencia Fotográfica visita a predio

