





**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DEPURADORA DE HUMEDALES
ARTIFICIALES PARA EL EFLUENTE DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN EN
EL MUNICIPIO DE PUEBLO BELLO, CESAR**



AUTOR (ES):

**ANDREA VALENTINA ORTEGA SUESCUM
YALEXIS QUINTERO BARRIENTOS**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR
2022**



**Universidad
Popular del Cesar**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

AMBIENTAL Y SANITARIA



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DEPURADORA DE HUMEDALES
ARTIFICIALES PARA EL EFLUENTE DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN EN
EL MUNICIPIO DE PUEBLO BELLO, CESAR.**



AUTOR (ES):

ANDREA VALENTINA ORTEGA SUESCUM

YALEXIS QUINTERO BARRIENTOS

DIRECTOR / ASESOR:

Ing. JOSE MAURICIO PEREZ ROYERO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR**

2022



DEDICATORIA

A Dios por siempre bendecirme enormemente con salud, sabiduría, fortaleza y entendimiento para desarrollar este trabajo, a mis padres, abuelos, tíos y amigos por el apoyo y sostén que me brindaron para lograr ser una profesional, cumplir con mis sueños y confiar siempre en mi potencial.

Andrea Ortega Suescum

A Dios por brindarme salud y sabiduría para culminar esta etapa, a mis padres y a cada uno de mis familiares que aportaron un granito de arena en mi formación como profesional, a la Universidad popular del Cesar por la formación brindada por medio de cada docente.

Yalexis Quintero Barrientos



AGRADECIMIENTOS

*A Dios por brindarnos la sabiduría, destrezas, fortaleza y el entendimiento para poder cumplir
este gran reto en nuestras vidas.*

*A nuestras familias y amigos cercanos por ser el soporte incondicional en todas las etapas de
este proceso.*

A nuestro Director José Mauricio Pérez por el conocimiento brindado.

*A nuestra alma mater que junto con su equipo humano nos brindaron las herramientas y
conocimientos necesarios para cumplir esta meta.*



RESUMEN

El agua ha sido parte fundamental en la formación y el desarrollo en los procesos biológicos de todos los seres vivos, sin embargo la contaminación de este recurso debido a los vertimientos de aguas residuales ha cambiado sus componentes principales, por lo que es necesario el desarrollo de tecnologías alternativas y amigables con el medio ambiente que ayuden a mitigar los impactos ambientales negativos causados.

En esta investigación se caracterizó el área de estudio afectada por las lagunas de estabilización del municipio de Pueblo Bello, Cesar, se realizaron muestras puntuales de las estaciones establecidas para analizar los parámetros fisicoquímicos y biológicos (DBO5, DQO, SST, pH y temperatura) comparados con la resolución 0631 del 2015.

Además se diseñó e implementó un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal con las plantas Lirio Amarillo (*Iris pseudacorus*) y Junco Gigante (*Schoenoplectus tabernaemontani*) el cual consta de un tanque de almacenamiento de agua residual y tres recipientes uno que contiene la muestra en blanco y los restantes con las dos plantas estudiadas y una salida que conecta a dos propuestas de recepción.

Se evaluó la capacidad de remoción de cargas contaminantes de los humedales artificiales subsuperficiales de flujo horizontal donde se pudo determinar que los humedales con Lirio Amarillo (*Iris pseudacorus*) presentan remociones de 36,51% en DQO, 50,82% en DBO5 y 57,32% en SST y Junco Gigante (*Schoenoplectus tabernaemontani*) un 61,9% en DQO, 63,83% en DBO5 y del 59,15% en SST, siendo este el más eficiente en el sistema.

Palabras claves: aguas residuales, contaminantes, humedal artificial, remoción, (*Iris pseudacorus*), (*Schoenoplectus tabernaemontani*).



ABSTRACT

Water has been a fundamental part in the formation and development in the biological processes of all living beings; however, the contamination of this resource due to wastewater discharges has changed its main components, making it necessary to develop alternative and environmentally friendly technologies that help mitigate the negative environmental impacts caused.

In this research, the study area affected by the stabilization ponds of the municipality of Pueblo Bello, Cesar was characterized, point samples were taken from the established stations to analyze the physicochemical and microbiological parameters (BOD5, COD, TSS, pH and temperature) compared with resolution 0631 of 2015.

In addition, a horizontal subsurface flow artificial wetland was designed and implemented with the Yellow Iris (*Iris pseudacorus*) and Giant Reed (*Schoenoplectus tabernaemontani*) plants, which consists of a wastewater storage tank and three containers, one containing the blank sample and the others with the two plants studied, an outlet that connects to two proposed decanters.

The pollutant load removal capacity of the subsurface horizontal flow artificial wetlands was evaluated, where it was determined that the wetlands with yellow iris (*Iris pseudacorus*) showed removals of 36.51% in COD, 50.82% in BOD5 and 57.32% in TSS and giant reed (*Schoenoplectus tabernaemontani*) 61.9% in COD, 63.83% in BOD5 and 59.15% in TSS, being the most efficient in the system.

Key words: wastewater, pollutants, artificial wetland, removal, (*Iris pseudacorus*), (*Schoenoplectus tabernaemontani*).



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	18
1. TITULO DEL PROYECTO	20
2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA	21
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	23
4. OBJETIVOS	25
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	25
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
5. MARCO REFERENCIAL.....	26
5.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	26
5.2 MARCO TEÓRICO	28
5.2.1. Aguas residuales municipales	28
5.2.1.1. Aguas residuales domesticas o aguas negras.....	28
5.2.1.2. Aguas lluvias.	28
5.2.1.3. Aguas Residuales Municipales.	29
5.2.1.4. Aguas Residuales Agrícolas (ARA).	29
5.2.2. Características de las aguas residuales.....	29
5.2.2.1. Propiedades Físicas.	29
5.2.2.1.1La temperatura de aguas residuales.	29
5.2.2.1.2. Solidos totales.	29
5.2.2.1.3. Solidos suspendidos totales.	29
5.2.2.1.4. Solidos filtrables.	30
5.2.2.2. Características Químicas.	30



5.2.2.2.1 Demanda química de oxígeno (DQO).	30
5.2.2.2.2. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).	30
5.2.2.2.3. Materia Orgánica.	30
5.2.2.2.4. Materia inorgánica.	30
5.2.2.3. Características Biológicas.	30
5.2.2.3.1. Las bacterias.	31
5.2.2.3.2. Las algas en los estanques de estabilización,	31
5.2.3. Los humedales artificiales.....	31
5.2.3.1. Clasificación de los Humedales Artificiales.	31
5.2.3.1.1. Sistemas de tratamiento basados en macrófitas de hojas flotantes	31
5.2.3.1.2. Sistemas de tratamiento basados en macrófitas sumergidas.....	32
5.2.3.1.3. Sistemas de tratamiento basados en macrófitas enraizadas emergentes.	32
5.2.3.2. Tipos de humedales artificiales según el flujo de agua.....	32
5.2.3.3. Componentes de un Humedal.....	32
5.2.4. Procesos utilizados por las plantas, para tratar los principales contaminantes de los vertimientos.....	33
5.2.5. Mecanismo de eliminación de contaminantes.....	33
5.2.6. El lirio amarillo (Iris pseudacorus).	34
5.2.7. Junco gigante (Schoenoplectus tabernaemontani).....	34
5.3 MARCO CONCEPTUAL	34
5.4 MARCO CONTEXTUAL	36
5.4.1 Reseña histórica	36
5.4.2 Localización	37
5.4.3 Clima.....	39
5.4.4 Economía.....	39



5.4.5 Turismo	39
5.4.6 Fauna.....	39
5.4.7 Flora	40
5.5 MARCO LEGAL	41
6. MARCO METODOLOGICO.....	44
6.1 LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACION.....	44
6.2 TIPO DE INVESTIGACION	44
6.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	44
6.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO	45
6.5 MUESTRA POBLACIONAL	45
6.6 DISEÑO DE INVESTIGACION.....	45
6.7 DESARROLLO METODOLOGICO	48
6.7.1 Etapa 1: Caracterización socioambiental y económica del área de influencia directa del sistema de tratamiento de aguas residuales existente.....	48
6.7.1.1. Actividad 1.1: Identificación del área de estudio y caracterización ambiental (Trabajo de Campo).....	48
6.7.1.2. Actividad 1.2: Se realizó una encuesta a los Barrios “Villa Marina 1 y Lomita Blanca” en el área de estudio para determinar condiciones socioambientales y económicas.	48
6.7.2 Etapa 2: Determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos (pH, Temperatura, DBO, DQO, SST) del efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales y río ariguanicito, antes y despues.	49
6.7.2.1. Actividad 2.1: Se realizó la respectiva revisión bibliográfica.	50
6.7.2.2. Actividad 2.2 Selección de estaciones de muestreo en el efluente de las lagunas de estabilización.....	50
6.7.2.3. Actividad 2.3: Toma de las muestras puntuales en las estaciones de muestreo establecidas.	51



6.7.2.4. Actividad 2.4 Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicas	60
6.7.2.5. Actividad 2.5 Análisis de los resultados de las pruebas y se compararan con la normativa vigente de nuestro país.	61
6.7.3. Etapa 3: Construir a escala piloto dos humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal.	61
6.7.3.1. Actividad 3.1 Toma de recipientes con las medidas (30x22x19), donde se colocaron los materiales (arena, grava, plantas).	61
6.7.3.2. Actividad 3.2 Realización del montaje del sistema	63
6.7.3.3. Actividad 3.3 Seguimiento de adaptación de las plantas en el humedal artificial.	63
6.7.4. Etapa 4: Evaluación de la remoción de los dos humedales artificiales utilizando las plantas lirio amarillo (<i>Iris pseudacorus</i>) y junco gigante (<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>).	64
6.7.4.1. Actividad 4.1 Determinación sobre cuál de los dos sistemas empleados es el más eficiente.	64
6.7.4.2. Actividad 4.2 Comparación del porcentaje de remoción de cada una de las plantas	64
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS.	65
7.1 Caracterización socioambiental y económica del área de influencia directa del sistema de tratamiento de aguas residuales existente.	65
7.1.1. Identificación del área de estudio y caracterización ambiental (Trabajo de Campo).	65
7.1.2 Encuestas a los Barrios “Villa Marina 1 y Lomita Blanca” en el área de estudio para determinación de condiciones socioambientales y económicas.	66
7.2. Determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos (pH, Temperatura, DBO, DQO, SST) del efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales y río ariguanicito, antes y después.	73
7.2.1 Respectiva revisión bibliográfica.	73



7.2.2. Selección de estaciones de muestreo en el efluente de las lagunas de estabilización.	74
7.2.3. Toma de muestras puntuales en las estaciones de muestreo establecidas.	74
7.2.4 Determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos.	76
7.2.5. Análisis de resultados de laboratorio con la normativa vigente.	82
7.3. Construcción a escala piloto de dos humedales artificiales con flujo subsuperficial.	89
7.3.1. Toma de recipientes y colocación de los materiales.	89
7.3.2. Realización del montaje del sistema.	91
7.3.3. Seguimiento de adaptación de las plantas en el humedal artificial.	97
7.4. Evaluación de la remoción de los dos humedales artificiales utilizando las plantas lirio amarillo (<i>Iris pseudacorus</i>) y junco gigante (<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>).	99
7.4.1. Determinación de la eficiencia de los dos sistemas empleados.	99
7.4.2. Comparación de porcentajes de remoción de cada una de las plantas.	101
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	106
BIBLIOGRAFÍA	107



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Procesos utilizados por las plantas, para tratar los principales contaminantes de los vertimientos.	33
Tabla 2 Mecanismo de eliminación de contaminantes.	34
Tabla 3 Normatividad vigente.	41
Tabla 4 Resolución 0631/15.	60
Tabla 5 Caracterización del medio poroso.	63
Tabla 6 Datos edad población de estudio.	66
Tabla 7 Datos Sexo población de estudio	67
Tabla 8 Cuantas personas viven en el hogar.....	67
Tabla 9 Nivel de estudio de las personas encuestadas	68
Tabla 10 Ocupación de área encuestada	69
Tabla 11 Baterías sanitarias del área encuestada	70
Tabla 12 Habitaciones de cada hogar encuestado.....	70
Tabla 13 Respuesta a la pregunta ¿sabe usted que es una laguna de estabilización?	72
Tabla 14 Resultados parámetros Estación E1 (primera toma de muestra).....	77
Tabla 15 Resultados parámetros estación E2 (primera toma de muestras).....	77
Tabla 16 Resultados parámetros E3.....	78
Tabla 17 Resultados parámetros estación E4	78
Tabla 18 Resultados parámetros (E1) (segunda toma de muestra).....	79
Tabla 19 Resultados parámetros (E2) (Segunda toma de muestras).....	79
Tabla 20 Resultados Muestra en blanco.....	80
Tabla 21 Resultado muestra Lirio Amarillo.	81
Tabla 22 Resultados muestra Junco Gigante.	81
Tabla 23 Comparación de los parámetros con la normativa. (Antes).....	82
Tabla 24 Comparación de los parámetros con la normativa (Después).....	87
Tabla 25 Caracterización del medio poroso.	91
Tabla 26 Materiales usados para el diseño de los humedales artificiales.	94



Tabla 27 Porcentaje de remoción Lirio Amarillo y Junco Gigante. 101



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Humedal superficial horizontal subsuperficial	32
Figura 2 Ubicación del Municipio de Pueblo Bello, Cesar	37
Figura 3 Mapa Físico del Municipio de Pueblo Bello.	38
Figura 4 Laguna de Oxidación Municipio de Pueblo Bello, Cesar.	38
Figura 5 Dimensiones de los humedales artificiales.....	45
Figura 6 Vista lateral de los humedales	46
Figura 7 Diagrama de flujo de la posición de los humedales artificiales.....	46
Figura 8 Ubicación de estaciones de muestreo.....	50
Figura 9 Zona de estudio	65
Figura 10 Ubicación de las lagunas de estabilización con respecto al área de estudio.....	71
Figura 11 Estación E1 Manjol	74
Figura 12 Estación E2 Efluente de las lagunas de estabilización.	75
Figura 13 Estación E3 100 metros arriba del efluente de las lagunas de estabilización.....	76
Figura 14 Estación E4 100 metros más abajo del efluente de las lagunas de estabilización	76
Figura 15 Diseño de los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal.	92
Figura 16 Vista superior del diseño de los humedales artificiales.....	93
Figura 17 Vista lateral del diseño de los humedales artificiales.....	93
Figura 18 Construcción del humedal Artificial	96
Figura 19 Montaje del humedal artificia de flujo subsuperficial.....	97
Figura 20 Adaptación de las plantas	98
Figura 21 follaje a utilizar de las plantas.....	98
Figura 22 Disposición de siembra de las plantas.....	99



LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1	61
Ecuación 2	61
Ecuación 3	61
<i>Ecuación 4</i>	62
<i>Ecuación 5</i>	62
<i>Ecuación 6</i>	63
<i>Ecuación 7</i>	64
Ecuación 8	90



LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1 Edad.	66
Gráfica 2 Sexo.	67
Gráfica 3 Cantidad de personas que viven en el hogar.	68
Gráfica 4 Nivel de estudio de las personas encuestadas	69
Gráfica 5 Profesión de los encuestados.....	70
Gráfica 6 Habitaciones que hay en un hogar.....	71
Gráfica 7 ¿sabe usted que es una laguna de estabilizacion?.....	72
Gráfica 8 Comparación (4) estaciones con la resolución 0631/15.	83
Gráfica 9 Muestras E1 y E2 en periodo seco y de lluvia.	86
Gráfica 10 Comparación entrada y salida del humedal de flujo subsuperficial.	87
Gráfica 11 Eficiencia de remoción DBO5.....	101
Gráfica 12 Eficiencia de remoción DQO	102
Gráfica 13 Eficiencia de remoción SST	102



INTRODUCCION

Uno de las mayores dificultades de las sustancias presentes en los recursos hídricos, es la incorporación de contaminantes por vertimientos sin control de aguas de uso doméstico, industrial y comercial; generando un impacto sobre la fuente receptora de corto a largo plazo. (Salazar, 2015) El tratamiento de estas consiste en una serie de procesos químicos, físicos y biológico, que tienen como finalidad eliminar los contaminantes presentes en el agua.

En la actualidad, en muchas poblaciones los sistemas de tratamiento de agua residuales no cumplen sus objetivos por obsolescencia y/o por mayor carga debido a la actividad industrial. El construir nuevas plantas de depuración o el conectarse plantas lejanas ya existentes implica un elevado coste, con lo que conectar las antiguas plantas con humedales artificiales puede ser una alternativa económica y ecológicamente aceptable, ya que este tipo de sistemas son de construcción fácil, bajo costo, mantenimiento reducido y con una depuración confiable, incluso cuando hay altas variaciones en el caudal. (Aguas residuales , 2015)

Es por eso que los humedales de tratamiento que se han consolidados en los últimos años como una tecnología confiable, simple y eficiente para el tratamiento de diversos tipos de aguas residuales. Su uso está extendido en diversos países europeos y de América del Norte, en donde se utilizan como un sistema de tratamiento biológico secundario y terciario. (Alarcon, Surita, Lara, & Vidal, 2018).

En esta investigación se realizó la construcción de humedales artificiales subsuperficiales de flujo horizontal utilizando las plantas Lirio Amarillo (*Iris pseudacorus*) y Junco Gigante (*Schoenoplectus tabernaemontani*) para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de las lagunas de estabilización del municipio de Pueblo Bello, Cesar, y la determinación de la remoción de parámetros físicos, químicos y biológico (DBO₅, DQO, SST, pH y temperatura), con la finalidad de mejorar la calidad del efluente vertido al cuerpo hídrico receptor (Rio Ariguanicito). De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación se logró establecer que los humedales artificiales subsuperficiales de flujo horizontal son tecnologías amigables con el medio ambiente y mejora la calidad de vida de las comunidades.

Atendiendo a estas consideraciones se realizó una caracterización socioambiental y socioeconómica en el área de estudio para establecer la relación que existen entre la comunidad y el sistema lagunar en el municipio de Pueblo bello, Cesar, donde se puede determinar que hay una



afectación ambiental. Además se procedió a realizar muestras de agua en el efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales y la fuente receptora (Rio Arigunicito) para comparar los parámetros establecidos con la resolución 0631 del 2015.



1. TITULO DEL PROYECTO

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DEPURADORA DE HUMEDALES ARTIFICIALES
PARA EL EFLUENTE DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL MUNICIPIO DE
PUEBLO BELLO, CESAR



2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA

El agua residual independientemente del origen y las características de estas por lo general supera la capacidad de dilución y autodepuración de los cauces o medios receptores, generando un deterioro de la calidad del mismo, un riesgo para la salud de la población y un deterioro de la vida acuática o el medio que las está recibiendo. Las lagunas de estabilización tienden a presentar una tolerancia bastante baja a los cambios medioambientales, tanto por su carga orgánica aplicada como en la temperatura y el pH, la presencia de malos olores, presencia de sustancias tóxicas, el sobre carga y el desarrollo de mosquitos y otros insectos son problemas más comunes que se puede presentar. (Delgadillo, 2010)

En el municipio de Pueblo Bello el sistema de tratamiento de aguas residuales cuenta con dos lagunas de estabilización denominadas: Santander y Campo Soto, que actualmente presentan problemas de colmatación de las redes de alcantarillado debido a que la empresa no cuenta con los equipos necesarios para realizar la limpieza respectiva. (Aguas del Cesar, 2016)

La laguna Santander es la única diseñada como facultativa la cual se encuentra totalmente sedimentada y cubierta de vegetación, por lo tanto esto impide realizar el tratamiento de la forma como fue diseñada, no posee pre-tratamiento ni repartición de caudal, ya que cuenta con una entrada y una salida, mientras que la laguna Campo Soto tiene la superficie limpia de vegetación y poco sedimentada reconociendo que son diametralmente opuestas. (Aguas del Cesar, 2016).

Estos vertimientos de las aguas residuales provenientes de las lagunas de estabilización están generando malos olores, cambios en el aspecto físico y paisajístico, y posibles problemas epidemiológicos a las comunidades aledañas al cauce del río, el cual requiere o es necesario medir su grado de impacto ambiental para tomar medidas de corrección y mitigación, teniendo en cuenta que el municipio es de zona indígena y área de reserva forestal. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial, 2015)

Según caso judicial de la Corporación Autónoma Regional (CORPOCESAR, 2014): en el informe de la visita de inspección técnica de fecha 11 de noviembre de 2011, suscrito por los Ingenieros ambientales y sanitarios, Donny Alfredo Cuan Fuente e Ivan Rodolfo Strauch de la corporación (CORPOCESAR), se estableció evidentemente que en las lagunas de oxidación



denominadas Santander y Campo Soto se estaban generando vertimientos sin ninguna clase de tratamiento al caudal del Río Ariguaní, incumpliendo el Artículo 8 del Decreto 2811 de 1974 ocasionando una gran afectación al medio ambiente, poniendo en peligro la salud de las personas, por crearse un ambiente con otras condiciones de vida formado por microorganismos que afectan la flora y la fauna del sector.

Asimismo la construcción de humedales subsuperficiales horizontales con las plantas Junco gigante y Lirio amarillo, son una tecnología no convencional que puede resultar beneficiosa para el medio ambiente y las comunidades aledañas al cauce del río, debido al tratamiento y la capacidad de depuración de contaminantes de las aguas residuales por medio del sistema a desarrollar.

¿Cuál es la capacidad depuradora de las plantas Lirio amarillo y Junco gigante en la remoción de los contaminantes del agua residual del efluente de las lagunas de estabilización del municipio de Pueblo Bello, Cesar?



3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

Los humedales artificiales, son sin duda, una alternativa muy interesante por su consumo energético nulo, debido a que el proceso de depuración lo realizan las plantas, también por la disminución de olores y que su mantenimiento es más sencillo comparado con los sistemas de tratamiento convencionales, actualmente se están implementando en numerosas partes del mundo que desean depurar sus aguas residuales. (Nuevo, 2020)

Por tal efecto los humedales artificiales son áreas que se caracterizan por tener un suelo saturado de agua y una comunidad viviente (plantas y animales) adaptados a la vida acuática o a un suelo saturado (CIEMA, 2015). La importancia de los humedales artificiales, radica principalmente en los valores obtenidos de eficiencia en los tratamientos de aguas residuales en países en vía de desarrollo que oscilan entre 74 a 79 % en nutrientes (N y P) y el 92 a 95 % en remoción de DBO5 y SS. (Sanabria, 2017).

En torno a los vertimientos que se están presentando en el Río Ariguanicito, se llevará a cabo una investigación para determinar la eficiencia de remoción de contaminantes de aguas residuales de las lagunas de estabilización del municipio de Pueblo Bello con la elaboración de dos humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal con las plantas Lirio Amarillo y Junco Gigante debido al impacto ambiental y social que está causando este vertimiento de aguas residuales al cauce del río, se pretende mitigar el daño que se le haga a la línea base de la zona afectada, por consiguiente se beneficiara las poblaciones pertenecientes a fincas y lugares aledaños que se abastecen de esta cuenca en la zona baja.

Con la construcción de los humedales subsuperficiales se logró establecer una estrategia de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante esta tecnología relativamente simple que es de muy bajo costo y presentan una buena eficiencia en la remoción de DBO, DQO, SST, N, P y patógenos. Además, tienen la capacidad de absorber metales pesados y no generan malos olores. Por lo que contribuirá al proceso de descontaminación del agua residual por medio de los parámetros físicos, químicos y biológicos del efluente de las lagunas de estabilización.

Por estas razones la construcción de los dos humedales artificiales utilizando las plantas Lirio Amarillo (*Iris pseudacorus*) y Junco Gigante (*Schoenoplectus tabernaemontani*) nos permitió evaluar las condiciones de eficiencia y remoción de contaminantes en el agua residual resultante



de las lagunas de estabilización que son vertidas al Rio Ariguanicito, dando un aporte a la futuras investigaciones acerca de humedales artificiales con las plantas ya mencionadas.



4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad depuradora de humedales artificiales para el efluente de las lagunas de estabilización en el Municipio de Pueblo Bello, Cesar

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una caracterización socioambiental y socioeconómica del área de influencia directa del sistema de tratamiento existente.
- Comparar los parámetros físicos, químicos y biológico (pH, Temperatura, DBO, DQO, SST) al sistema de tratamiento de aguas residuales y a la fuente receptora, antes y despues.
- Construir a escala piloto dos humedales artificiales con flujo subsuperficial horizontal.
- Valorar eficiencia de remoción de los dos sistemas de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales utilizando las plantas Lirio Amarillo y Junco Gigante.



5. MARCO REFERENCIAL

5.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

(Camacho & Diaz, 2017) Desarrolló la investigación titulada: Evaluación de la capacidad depuradora de dos humedales artificiales con medios filtrantes de carbón activado para el efluente de la PTAR salguero; Para optar el título de Ingenieros Ambientales y Sanitarios; de la Universidad Popular del Cesar.

Esta investigación consiste en la implementación de dos humedales artificiales para los vertimientos de la planta de agua residual (PTAR), Valledupar que están siendo vertidos a la cuenca del río Cesar, con algunas fallas físicas- químicas y microbiológicas, que están afectando en gran parte la naturaleza del río. Es por esto que se diseñan los humedales y se implementan procesos de fitorremediación con el junco (*Schoenoplectus californicus*) para la depuración de aguas residuales; por lo que también se usan el carbón activado y carbón con concha de coco para la remoción de factores químicos- físicos y biológico de dicha agua. Los resultados de esta investigación fueron el humedal con medio filtrante de carbón bituminoso demostró ser más eficiente para el parámetro DBO_5 en un 53% con respecto al medio filtrante de concha de coco con un 46% de remoción; por lo que los resultados indicaron que el humedal con carbón bituminoso presenta mayor remoción de materia orgánica.

(Nuñez & C, 2015) Desarrollo la investigación titulada: Evaluación de eficiencia de tapas plásticas como lecho en humedal de flujo sub-superficial para aguas residuales con baja carga orgánica; Para optar el título de Ingenieros Ambientales y Sanitarios; De la Universidad Popular del Cesar.

En esta investigación se estudió el material de lecho filtrante donde se reemplazó este mismo por tapas plásticas usadas y se evaluó su eficacia en estas condiciones. Se realizó un montaje de dos filtros, uno con lecho filtrante de tapas y otro con lecho filtrante de grava, en donde su evaluación se tuvo en cuenta tres parámetros que son SST, DQO Y DBO_5 con una duración de 60 días. Los resultados obtenidos presentaron una remoción de SST de 78,05% en los humedales artificiales de flujo sub-superficial horizontal con el lecho de tapas plásticas, siendo esta la más



eficiente y la grava tenido un resultado de 74,48%. Debido a esto se considera una alternativa efectiva para el pre o post-tratamiento físico de las aguas residuales.

(Suarez, Fernandez, & Mendoza, 2015) Desarrollo la investigación titulada: Tratamiento del efluente de la PTAR Salguero a través de la implementación de un Humedal artificial de flujo vertical a escala laboratorio; Para optar el título de Ingenieros Ambientales y Sanitarios; de la Universidad Popular del Cesar.

Este estudio evalúa el tratamiento de un humedal artificial a escala piloto por un periodo de 8 semanas manejando tres cargas hidráulicas superficiales (0,08 m/d, 0,05 m/d, 0,12 m/d). Lo más importante de esta investigación es el tratamiento los parámetros DQO, SST, NH₃, presentes en las aguas residuales y otros parámetros de operación como son PH y Turbiedad. En la eficiencia del tratamiento establecido se determinaron los siguientes porcentajes de remoción, con respecto Con respecto SST con carga hidráulica superficial de 0,05 m/d: es de 91,37%, con carga hidráulica superficial de 0,08 m/d: es de 58,27%, con carga hidráulica superficial de 0,12 m/d: es de 83,94%. Con respecto a la DQO, con carga hidráulica superficial de 0,05 m/d: es de 84,7%, con carga hidráulica superficial de 0,08 m/d: es de 90,14%; %, con carga hidráulica superficial de 0,12 m/d: es de 68,14%. Con respecto SST, con carga hidráulica superficial de C.H.S 0,05 m/d: es de 91,37, con carga hidráulica superficial de 0,08 m/d: es de 58,27%, con carga hidráulica superficial de 0,12 m/d: es de 83,94%. Por parte de NH₃ con carga hidráulica superficial de 0,05 m/d: es de 78,14%, con carga hidráulica superficial de 0,08 m/d: es de 78,42%, con carga hidráulica superficial de 0,12 m/d: es de 67,64%. Con los resultados dados en la evaluación del sistema se estableció que el humedal artificial a escala en laboratorio con flujo vertical mejoro la calidad del efluente de la PTAR el Salguero en los parámetros propuestos.

(Bernal, 2014) Desarrollo la investigación titulada: Diseño de unidad piloto de humedales artificiales de flujo subsuperficial para tratamiento de aguas residuales domesticas en el campus umng-cajicá con fines de reusó; para optar el título de Magister en Ciencias Ambientales; de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

En este estudio se evalúa el tratamiento de un humedal artificial a escala piloto puesto en marcha con tres cargas hidráulicas superficiales; la eficiencia del junco de la pasión (*Typha spp*) para la descontaminación de aguas residuales de la UMNG-Cajicá al ser eficiente en la disminución de un 90% de los valores obtenidos del afluente de la PTAR en las variables



Temperatura, pH, Conductividad, Color, OD, Turbidez, DQO, Sólidos Sedimentables, Alcalinidad Total, Sulfatos, Dureza Total, Fosfatos, Nitratos, Cloruros, DBO5, Materiales Pesados como (Ag, Se, Zn y Pb), Coliformes Totales y Fecales.

(Fundación Universidad de Coruña, 2013) Desarrolló la investigación titulada: Humedal de flujo vertical para tratamiento terciario del efluente físico-químico de una estación depuradora de aguas residuales domésticas; de la Empresa Adantia, S.I a través de convenio con la Fundación Universidad de Coruña.

En este proyecto se construyeron dos humedales artificiales de flujo vertical de una estación depuradora de aguas residuales por medio de un proceso físico-químico, uno (HFV2) sembrado con la especie lirio Amarillo, (*Iris pseudacorus*) y el otro sin ningún tipo de vegetación (HFV4). En la construcción del lecho se tomaron medidas de (en cm): 20 de arena, 10 de turba, 40 de gravilla y 10 de grava. Se estudiaron las siguientes cargas hidráulicas (CH): 4.2; 8.3; y 16.6 cm/d (orden cronológico) ensayándose en 3 fases experimentales. La evaluación se realizó durante el estado estacionario del proceso. Los resultados en los humedales fueron los siguientes: con la planta Lirio amarillo la eliminación media de DQO fue de 81%, mientras que el humedal sin plantas fue de 68%. La eliminación de DQO se mantuvo cuasi-constante, independiente de la carga hidráulica y orgánica. El rango de eliminación de nitrógeno amoniacal fue de 75 a 96% en HFV2, y de 66 a 83% en HFV4.

5.2 MARCO TEÓRICO

5.2.1. Aguas residuales municipales

Según la composición de las aguas residuales municipales puede variar notoriamente, lo cual refleja la gran diversidad de contaminantes liberados por las distintas fuentes domésticas, industriales, comerciales e institucionales. (Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, 2017)

Estas se clasifican en:

5.2.1.1. Aguas residuales domésticas o aguas negras.

Son provenientes de actividades diarias como limpieza del hogar, preparación de alimentos etc. Estas aguas contienen gran cantidad de microorganismos y materia orgánica. (Tapia, 2018)

5.2.1.2. Aguas lluvias.



Que pueden provenir de la atmosfera (lluvia, nieve, granizo) Los primeros flujos de aguas lluvias son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie. (Tapia, 2018)

5.2.1.3. Aguas Residuales Municipales.

Son aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (Tapia, 2018)

5.2.1.4. Aguas Residuales Agrícolas (ARA).

Son las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas. Se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión. (Tapia, 2018)

5.2.2. Características de las aguas residuales.

5.2.2.1. Propiedades Físicas.

El agua residual suele ser de color gris pero a medida que las bacterias descomponen los compuestos orgánicos, la cantidad de oxígeno disuelto en esta agua se reduce y el color cambia a negro. En este caso se dice que el agua residual es séptica, en cuanto al olor se produce por la descomposición de materia orgánica debido a la presencia de ácido sulfúrico y otro tipo de sustancias. (Cardona P. A., 2018)

5.2.2.1.1 La temperatura de aguas residuales.

Es siempre mayor que las aguas no contaminadas debido a las energías que son liberadas al realizarse las reacciones bioquímicas. (Cardona P. A., 2018)

5.2.2.1.2. Sólidos totales.

Los sólidos totales presentes en el agua residual se clasifican según su tamaño o presentación en sólidos suspendidos y sólidos filtrables. (Cardona P. A., 2018)

5.2.2.1.3. Sólidos suspendidos totales.

Estos son los sólidos que flotan en el agua, son de gran tamaño, como los sólidos fecales, papeles, maderas, comida, basura y algunos otros materiales parecidos. Estos pueden ser



eliminados dejando que se depositen o que se filtren y en su mayoría estos sólidos son orgánicos. Pueden llevar al desarrollo de depósitos de lodo y condiciones anaerobias. (Cardona P. A., 2018)

5.2.2.1.4. Sólidos filtrables.

Se componen de sólidos coloidales y sólidos disueltos. Esta fracción no puede eliminarse por sedimentación. Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas, moléculas inorgánicas e iones que se encuentran disueltos en el agua. Por lo general, se requiere una coagulación seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión (Malaver, 2013)

5.2.2.2. Características Químicas.

5.2.2.2.1 Demanda química de oxígeno (DQO).

Oxígeno que se requiere para degradar químicamente la materia orgánica, esto se hace con dicromato de potasio por lo general un agente oxidante, en un medio ácido y a alta temperatura. (Cardona & Arce, 2018)

5.2.2.2.2. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Oxígeno para degradar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. Esta demanda se cuantifica a 20 °C, con valores numéricos expresados en mg/L. (Cardona & Arce, 2018)

5.2.2.2.3. Materia Orgánica.

Está compuesto por un 90% de carbohidratos, proteínas y grasa de aceites provenientes de excremento de seres humanos. Estos compuestos se pueden biodegradar, es decir, pueden ser transformados a compuestos por acción de microorganismos (Martínez, 2011)

5.2.2.2.4. Materia inorgánica.

Lo componen todos los sólidos de origen mineral como son sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas que no son biodegradables (Martínez, 2011)

5.2.2.3. Características Biológicas.

Estas se definen por los microorganismos presentes en el agua. (Martínez, 2011)

5.2.2.3.1. Las bacterias.

Son importantes en la descomposición y transformación de la materia orgánica debido a su metabolismo. Se pueden clasificar en autótrofas que se alimentan de compuestos inorgánicos, a través de la energía a partir de la luz solar, las bacterias heterótrofas que son grupo importantes en la composición de compuestos orgánicos. (Martinez, 2011)

5.2.2.3.2. Las algas en los estanques de estabilización,

Son necesarias debido a que producen oxígeno a través de la fotosíntesis, estas requieren de compuestos inorgánicos para su reproducción, teniendo en cuenta sus principales nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. (Mendoza & Allende, 2018)

5.2.3. Los humedales artificiales.

Son tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales, donde se tiene un lecho filtrante de grava o arena con macrófitas suspendidos o enraizados, por la acción de estas se presentan reacciones físicas, químicas y biológicas que descomponen la materia orgánica en el agua residual del efluente, realizando una depuración gradual. (Andrade, 2014).

5.2.3.1. Clasificación de los Humedales Artificiales.

Se clasifican según:

- Tipo de vegetación
- Tipo de forma de vida de la vegetación
- Tipo de circulación de flujo de agua

Los vegetales tratan altos niveles de demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SST), fósforo y nitrógeno; Así como niveles significativos de metales, compuestos orgánicos y patógenos. Las biopelículas crece a las partes subterráneas de las plantas y sobre su medio granular, alrededor de las raíces se crean microambientes aerobios donde hay lugar a procesos microbianos y su metabolización de materia orgánica (Malaver, 2013)

5.2.3.1.1. Sistemas de tratamiento basados en macrófitas de hojas flotantes.

Principalmente angiospermas sobre suelos anegados. Los órganos reproductores son flotantes o aéreos. (Malaver, 2013).

5.2.3.1.2. Sistemas de tratamiento basados en macrófitas sumergidas.

Las plantas se ven a simple vista entre ellas tenemos: musgos, helechos, muchas angiospermas, entre otras. Se encuentran en toda la zona donde llega la luz solar (fótica) Los órganos reproductores son aéreos, flotantes o sumergidos. (Malaver, 2013).

5.2.3.1.3. Sistemas de tratamiento basados en macrófitas enraizadas emergentes.

En suelos anegados permanente o temporalmente; en general son plantas perennes, con órganos reproductores aéreos. (Malaver, 2013).

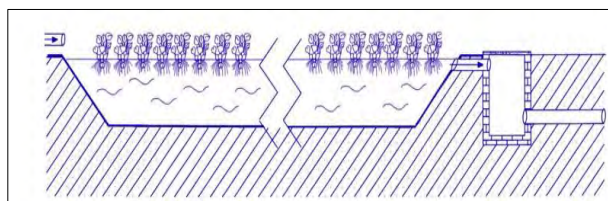
5.2.3.2. Tipos de humedales artificiales según el flujo de agua.

Los humedales basados en macrófitas enraizadas emergentes pueden ser de dos tipos, de acuerdo a la circulación del agua que se emplee:

- Humedales de flujo superficial: Si el agua circula en forma superficial por entre los tallos de las macrófitas.
- Humedales de flujo subsuperficial: Si el agua circula por debajo de la superficial del estrato del humedal.
- Humedales artificiales de flujo superficial (FWS)

El agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesta a la atmósfera directamente. Estos humedales son una modificación a las lagunas convencionales. (Malaver, 2013)

Figura 1 Humedal superficial horizontal subsuperficial



Fuente: (Malaver, 2013)

5.2.3.3. Componentes de un Humedal.

Un humedal artificial está conformado por el medio filtrante (grava, arena, entre otros) sedimentos, microorganismos, las plantas y el agua residual a tratar. Se necesita la compresión del



terreno y la utilización de algún sistema de impermeabilización (arcilla, concreto, geomembrana) las plantas realizan el tratamiento del agua residual estabilizando los compuestos orgánicos e inorgánicos, manejando velocidades bajas en el flujo para facilitar la suspensión de materiales suspendidos. (Malaver, 2013).

5.2.4. Procesos utilizados por las plantas, para tratar los principales contaminantes de los vertimientos.

Tabla 1. Procesos utilizados por las plantas, para tratar los principales contaminantes de los vertimientos.

Tipo	Proceso involucrado	Contaminación tratada
Fito extracción	Las plantas se usan para concentrar los contaminantes en las partes cosechables	estas se encuentran contaminadas con cadmio, cromo, níquel, mercurio y zinc
Rizofiltración	las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar los contaminantes a partir de efluentes líquidos contaminados	aguas contaminadas con cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, zinc, isotopos radioactivos y compuestos fenólicos
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes se usan para reducir su movilidad y evitar el pasaje a capas subterráneas	Lagunas de desechos de yacimientos mineros
Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos	Aguas residuales agropecuarias, Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenceno, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

Fuente: (Malaver, 2013)

5.2.5. Mecanismo de eliminación de contaminantes.

En la tabla 2 se presentan los mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en el agua residual.



Tabla 2 Mecanismo de eliminación de contaminantes.

Contaminantes	Mecanismos de eliminación
Sólidos suspendidos	Sedimentación y filtración
Materia orgánica	Degradación microbiana aerobia y anaerobia
Nitrógeno	Amonificación seguido por nitrificación microbiana y desnitrificación
Fosforo	Absorción por parte del lecho y asimilación por partes de las plantas
Metales	Intercambio iónico y asimilación por partes de las plantas
Patógenos	Sedimentación, filtración, muerte natural, radiación ultravioleta

Fuente: (Malaver, 2013)

5.2.6. El lirio amarillo (*Iris pseudacorus*).

Es una especie perdurable que crece en condiciones húmedas se desarrolla bien, es común encontrarla en humedales sumergidos, con valores bajos de pH y suelos anóxicos. La planta prospera rápidamente por rizoma y por semillas dispersas en el agua. Los tallos pueden medir de 1 a 1.5 m. (Ingenierias, 2013)

5.2.7. Junco gigante (*Schoenoplectus tabernaemontani*)

Es una planta perdurable que genera masas densas de tallos erectos estrechos que alcanzan una altura de 1 a 3 metros. Se produce por corredores y semillas, es común en gran número de países y es muy usada en la construcción de humedales artificiales. Por lo que es muy importante en el proceso de depuración de CF, FS y N-(NH₄⁺/NH₃). (Lopez, 2009)

5.3 MARCO CONCEPTUAL

Aguas residuales: Son líquidos que se han utilizado en las actividades de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios). (Villa, 2019) Estas se clasifican como:

Aguas residuales municipales: Residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una población y tratados en una planta de tratamiento municipal. (Villa, 2019)



Aguas residuales industriales: son las descargas de aguas residuales provenientes de las industrias, que una vez utilizadas es necesario realizar un tratamiento para ser vertidas a un cuerpo de agua o a la red de alcantarillado. (Villa, 2019)

Aguas negras: son las descargas de aguas residuales provenientes de retretes, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. (Villa, 2019)

Afluente: Es un río secundario que desemboca en uno principal (más grande, más caudaloso) (Villa, 2019)

Concentración: es el componente o agregado de un líquido, donde existe la relación entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene. (Azul, 2017)

Cauce: Se conoce como cauce de un río el lugar por donde corren sus aguas, incluye también las aguas subterráneas, las infiltraciones y los ríos que circulan en el interior de las cuencas. (Azul, 2017)

DQO: Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias a ser oxidadas por medios químicos que hay disueltos (Mendez & Dueñas, 2018)

DBO: Es una variable muy empleada en la caracterización de aguas residuales, esta permite conocer la cantidad de materia orgánica que los microorganismos son capaces de degradar en un tratamiento biológico. (Mendez & Dueñas, 2018)

Eficiencia: Esta se relaciona entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente para un proceso, planta de tratamiento o parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje. (Mendez & Dueñas, 2018)

Junco: es una planta del género *Scirpus* encontrado comúnmente en humedales naturales. Además estas especies son estudiadas y utilizadas para los humedales artificiales, crecen en diferentes condiciones ambientales, incluyendo distintos niveles de profundidad del agua y de calidad. (Cardona & Arce, 2018).



Humedales artificiales: son sistemas de tratamientos utilizados en las aguas residuales, que por medio de procesos físicos, químicos y biológicos manejan un caudal de depuración del agua contaminada. (Cardona & Arce, 2018)

pH: Es la medida de la actividad de iones hidrogeno en soluciones. (Zita, 2019)

Planta piloto: es una guía que permite la simulación de operaciones, procesos y condiciones a una escala laboratorio (Cardona & Arce, 2018)

Temperatura: Medida de la energía promedio por moléculas de un cuerpo, en grados Celsius, grados Fahrenheit o escala Kelvin. (Neira & Perez, 2016)

5.4 MARCO CONTEXTUAL

5.4.1 *Reseña histórica*

Pueblo bello hace parte de los 25 Municipios que componen el departamento del Cesar, tiene una altura de 1200 m.s.n.m. sobre la Sierra Nevada de Santa Marta, con un terreno total de 733.7 Km². Fue fundado el 10 de diciembre de 1777 por DON A. SIERRA. (Payares, 2018)

De 1940 en adelante se vivían las consecuencias de la violencia en el interior del país lo que ocasiona que muchos campesinos fueran despojados de sus tierras para de origen para asentarse en el municipio y realizar prácticas agrícolas para salir adelante, con los cultivos de café, entre otros. (Payares, 2018) En 1960 la Federación Nacional de Cafeteros abre una oficina para la compra y venta de café esto hizo posible conservar la unión cultural y cada familia apporto a la economía, el bienestar y el progreso del pueblo.(Payares, 2018)

En 1997 aun con el conflicto armado, el Gobernador Departamental del Cesar en ese entonces llamado Mauricio Pimiento, y el alcalde municipal de Valledupar, Soto, crearon el municipio de Pueblo Bello bajo la ordenanza 037 del 10 de diciembre de 1997. Con esta decisión se estableció un espacio para que sus habitantes crearon en el consejo municipal y un plan de ordenamiento territorial, que integro programas, proyectos y estrategias, además se estableció por la constitución del año 1991, se permitió el ejercicio de prácticas tradicionales de cultura Arhuaca. (Payares, 2018)



Actualmente cuenta con una población con diferentes culturas, con alrededor de 22.275

habitantes, es un municipio muy concurrido por su gran variedad de sitios turísticos donde los turistas se deleitan observando los lindos paisajes montañosos, disfrutando de la gastronomía y del sabroso clima. (Alcaldía de Pueblo Bello, 2018)

5.4.2 Localización

Se encuentra en el Norte, Sur y Este con el Municipio de Valledupar y Al Oeste Con el Municipio de El Copey con unas coordenadas de 10°24'59"N 73°35'12"O y el Departamento del Magdalena con una altitud de la cabecera municipal 1200 m.s.n.m. y una temperatura media: 16 a 22° C Con una Extensión total de 733.684 km², una Extensión área urbana de 84.618 Km² y una Extensión área rural de 649.065 Km² con Distancia de referencia de 54 km de Valledupar. (Alcaldía de Pueblo Bello, 2020).

Figura 2 Ubicación del Municipio de Pueblo Bello, Cesar



Fuente: Alcaldía de Pueblo Bello, 2020.

Figura 3 Mapa Físico del Municipio de Pueblo Bello.



Fuente: Google maps, 2020

Figura 4 Laguna de Oxidación Municipio de Pueblo Bello, Cesar.



Fuente: Google Maps, 2020

5.4.3 Clima

Pueblo Bello ofrece, además de su clima primaveral (22 °C y hasta 1200 m.s.n.m), baños en ríos y quebradas, y caminatas a través de senderos boscosos y caminos indígenas (Ministerio de Industria y Comercio, 2015)

5.4.4 Economía

La actividad económica del Municipio se basa en el sector agrícola, pecuario y la producción cafetera. En el sector agrícola se destacan los siguientes cultivos: el maíz tradicional, el frijol tradicional, el plátano y el cacao, entre los cuales se destaca este último. (Cordoba, 2017)

Al igual que el sector agrícola, el sector pecuario del municipio ha presentado un crecimiento continuo, destacándose las especies bovinas y porcinas las cuales se incrementaron entre los años 2001 y 2002 en un 1340% y 131% respectivamente, en el periodo siguiente (2003 y 2004) hubo una decadencia sólo se agregó el 63.3%. (Cordoba, 2017)

La producción del Café está constituida como una de las principales actividades económicas del municipio, por sus características ambientales especiales, el café de este municipio cuenta con una diferenciación positiva que lo posiciona a nivel nacional e internacional como un café orgánico de mucha demanda y de muy buen precio. (Cordoba, 2017)

5.4.5 Turismo

Este lugar es bastante visitado por lugares muy bonitos, cultura y su inigualable clima; por lo que existen los Arhuacos que viven en su mayoría en Nabusimake, que es la capital espiritual de las culturas indígenas de la Sierra Nevada, habitada por la comunidad Arhuaca. Una vez en Nabusimake, la aventura del viaje se compensa con la paz que se desprende del silencio de las montañas, el entorno, el paisaje y el romanticismo de los amaneceres y atardeceres. (Alcaldía de Pueblo Bello, 2018)

5.4.6 Fauna

Se encuentran gran variedad de especies bobinas, avícolas y porcinas; incluyendo especies en peligro de extinción como lo son: los armadillos, ñeques, venados y guartinajas. (Alcaldía de Pueblo Bello, 2018)



Este municipio cuenta con diversidad de productos agrícolas, principalmente por sus cultivos de café, cacao al igual que grandes cantidades de frutas y verduras. También se presenta una gran variedad de flores exóticas. (Alcaldía de Pueblo Bello, 2018)



5.5 MARCO LEGAL

Tabla 3 Normatividad vigente.

No	NORMA	Año	DESCRIPCION	APLICABILIDAD DE LA NORMA
CONSTITUCIÓN POLITICA DE COLOMBIA				
AGUA				
1	Artículo 49 de la Constitución Política Colombiana	1991	“Corresponde al Estado organizar, dirigir y reglamentar la prestación de servicios de salud a los habitantes y de saneamiento ambiental conforme a los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad.	Empresa prestadora de servicios público y privado.
2	Artículo 79 de la Constitución Política Colombiana	1991	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo y es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente.	Empresa prestadora de servicios público y privado.
3	Ley 79	1986	Se prevé a la conservación de agua	Empresa prestadora de servicios público y privado.
4	Ley 9	1979	Decreta del control sanitario de los usos del agua, en el artículo 4º el ministerio de salud establecerá cuales usos que produzcan o puedan producir contaminación de las aguas, requieran su autorización previa a la concesión o permiso que otorgue la autoridad competente para el uso del recurso	Empresa prestadora de servicios público y privado.



5	Ley 99	1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.	Empresa prestadora de servicios público y privado.
6	Decreto 2667	2012	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones	Empresa prestadora de servicios público y privado. Autoridad competente.
7	Decreto 475	2015	Establece el Mecanismo Departamental para la evaluación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico a financiar con recursos que no provienen de la Nación, y se determinan los requisitos y procedimientos para la presentación, viabilización y aprobación de proyectos	Autoridad competente, empresas prestadora de servicio público y privada
8	Decreto 1076	2015	Compila las disposiciones reglamentarias del Sector Ambiente. Establece las normas para la protección y aprovechamiento de las aguas y las obligaciones de los propietarios de los predios. (Artículo 2.2.1.1.18.1).	Autoridad competente.
Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos				
9	Ley 1742	2014	Adopta medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte, agua potable y saneamiento básico, y los demás sectores que requieran expropiación en proyectos de inversión que adelante el Estado.	Autoridad competente
10	Decreto 475	2015	Establece el Mecanismo Departamental para la evaluación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico a financiar con recursos que no provienen de la Nación, y se determinan los requisitos y	Autoridad competente, empresa prestadora de servicio público y privada.



			procedimientos para la presentación, viabilización y aprobación de proyectos	
11	Resolución 1433	2004	Es el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial.	Autoridad competente, empresas prestadora de servicio público y privada
12	Resolución 0631	2015	Establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.	Autoridad competente, empresas prestadora de servicio público y privada
Reglamento Técnico				
13	Resolución 0330	2017	Adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, señalando los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias.	Empresas prestadora de servicio público y privada

Fuente:(autores, 2020)



6. MARCO METODOLOGICO.

6.1 LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACION

El proyecto se encuentra dentro del marco de la línea de investigación llamada sostenibilidad y gestión ambiental, que fue establecida por la Universidad Popular del Cesar para el programa de Ingeniería Ambiental y sanitaria, así como la sublínea de Gestión integral de Recursos Hídricos.

6.2 TIPO DE INVESTIGACION

Según (Astete & Muñoz, 2016): La investigación experimental se basa en el manejo de una (o más) variable experimental no examinadas, en situaciones rigurosamente controladas, con el propósito de explicar de qué modo o por qué causa se origina una situación o evento particular. El experimento producido por el investigador, le permite incluir algunas variables de estudio controladas por él, para chequear el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas.

Asimismo El tipo de investigación es experimental porque se manejaron dos variables, las plantas Lirio Amarillo, Junco Gigante y el agua residual en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir cual es el proceso de remoción logrados en los humedales subsuperficiales horizontales.

6.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de la presente investigación es correlacional porque tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre el agua residual y las plantas Lirio Amarillo y Junco Gigante para la depuración de contaminantes, se llevara a cabo midiendo parámetros, cuantificándolos, analizándolos y estableciendo las vinculaciones entre estos. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba. (Sampieri, 2014)

Según la empresa de servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado (EMSEPU SAS- ESP, 2020) el Municipio cuenta con dos lagunas de estabilización denominadas “Santander y Campo Soto” y una población de 12500 usuarios.

6.5 MUESTRA POBLACIONAL

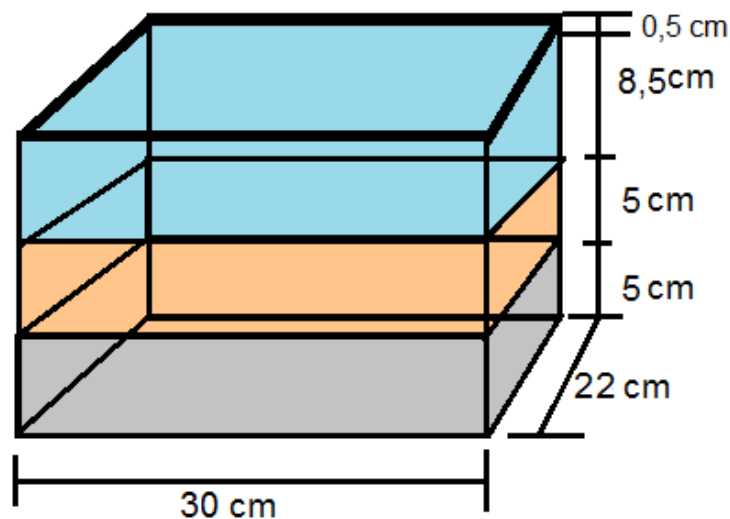
Según (Alcaldía de Pueblo Bello, 2020) Las dos lagunas de estabilización del municipio de Pueblo Bello, Cesar tienen un área aproximada de 8.674,2 m², tomando una cantidad de muestra a trabajar en el humedal de 8,9 l/diarios.

6.6 DISEÑO DE INVESTIGACION

El diseño experimental que se utilizó en nuestra investigación es el diseño de bloque completo al azar, en donde se estudiaron 3 tratamientos, los cuales son los dos tipos de planta a utilizar, el junco gigante y lirio amarillo, y el agua cruda.

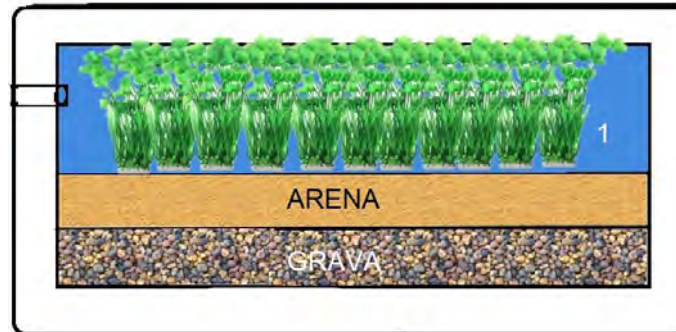
Estos se emplearon a dos humedales diferentes, las cuales se sembraron en un recipiente de plástico 30*22*19 cm y 0,5 cm de borde libre como en la siguiente figura:

Figura 5 Dimensiones de los humedales artificiales



Fuentes: Autores, 2022

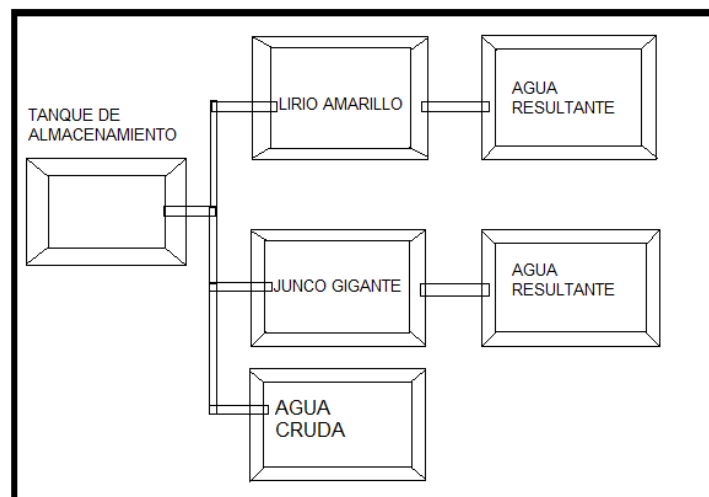
Figura 6 Vista lateral de los humedales



Nota: (1: Planta junco gigante y lirio amarillo con el agua del tanque de almacenamiento).

Fuente: Autores 2022

Figura 7 Diagrama de flujo de la posición de los humedales artificiales



Fuente: Autores 2020

Fue necesario ubicar el tanque de almacenamiento en una parte alta, esto con el fin de que el sistema funcionara por gravedad, permitiendo una mejor distribución del agua hasta los humedales, se necesitaron unos recipientes de plásticos con las dimensiones ya dichas anteriormente, grava, arena y las diferentes plantas a analizar, además de tubería de 1 ½” de pvc para la conducción del sistema. Cada humedal tuvo dos plantas diferentes. A cada uno se le suministro agua residual y se tomó el tiempo para posteriormente poder calcular la velocidad y así



mismo el gasto de agua de que se utilizó. Los efectos de tratamientos y bloques fueron aditivos. El cual significó que no había interacción entre tratamientos y bloques.

DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO PILOTO

El diseño del humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal fue diseñado por las autoras del presente trabajo de investigación, con el fin de mejorar la calidad de las aguas residuales del efluente de las lagunas de estabilización del municipio de Pueblo Bello, Cesar.

El sistema planteado contiene un tanque de almacenamiento que funcionaba por gravedad conectado por tubería PVC de ½” a 5 unidades pilotos de las cuales dos de ellas contienen el medio filtrante y las micrófitas previamente adaptadas (*Iris pseudacorus*, *Schoenoplectus tabernaemontani*), con una salida unida con tubería PVC de ½” para cada unidad piloto, donde por medio de la gravedad se sedimentan las partículas que han pasado por el medio filtrante sin ser removidas. Además de una unidad piloto restante que cumplía la función de una muestra en blanco que nos permitió la corrección de posibles errores en la muestra.

COMPONENTES DEL PROTOTIPO

- Tanque de almacenamiento de 20 litros de forma rectangular
- 5 Recipientes con las siguientes dimensiones (30x22x19) siendo de forma rectangular
- Llaves de paso de ½” y tubería de PVC de ½”
- Lecho filtrante (grava, arena)
- Plantas adaptadas (*Iris pseudacorus*, *Schoenoplectus tabernaemontani*)

FUNCIONAMIENTO

La operación del sistema estuvo dada por un caudal de flujo constante para alimentar el 95% del volumen de las unidades pilotos establecidas dando como resultado un 5% de borde libre, el suministro del agua residual se realizó por medio de pimpinas depositadas de forma manual al tanque de almacenamiento cada dos días, el cual provee la entrada del agua a cada unidad piloto.

Cada unidad piloto presentó una altura de 55 cm lo que facilita el flujo del caudal por gravedad, donde las plantas se adaptan al mismo y generan la “biopelícula” comunidad de microorganismos que permitió la depuración de contaminantes presentes en el agua residual.



Al final de cada unidad piloto el agua resultante del tratamiento se depositó en una unidad piloto de salida para luego ser transportada y analizada en cada parámetro establecidos en los laboratorios.

6.7 DESARROLLO METODOLOGICO

En este proyecto se tuvieron en cuenta tres etapas, mencionadas a continuación:

6.7.1 Etapa 1: Caracterización socioambiental y económica del área de influencia directa del sistema de tratamiento de aguas residuales existente.

Para el desarrollo de la etapa se propusieron las siguientes actividades:

6.7.1.1. Actividad 1.1: Identificación del área de estudio y caracterización ambiental (Trabajo de Campo)

Descripción: Reconocimiento visual de las condiciones del entorno, impactos que están generando a la población aledaña al sistema de tratamiento de aguas residuales (emisión de olor, proliferación de insectos, roedores, condiciones de suelo, disposición de residuos).

6.7.1.2. Actividad 1.2: Se realizó una encuesta a los Barrios “Villa Marina 1 y Lomita Blanca” en el área de estudio para determinar condiciones socioambientales y económicas.

Descripción: Teniendo en cuenta a los habitantes de influencia directa de los Barrios “Villa Marina 1 y Lomita Blanca” con una población aproximada según datos de la Alcaldía Municipal de 310 Hab se tomaron aleatoriamente el 10% de la población (31 hab) para realizar una serie de preguntas relacionadas con las condiciones sociales y ambientales en el área de estudio.



 **ENCUESTA AMBIENTE INTELIGENTE** 

Nombre del encuestador: _____ No encuesta _____

Nombre del encuestado: _____

Edad: _____

Sexo: _____

PREGUNTAS

1. Estrato socioeconómico 1 2 3 _____

2. ¿Cuántas personas viven en la casa? _____

3. Nivel de estudio

Primaria incompleta _____ primaria completa _____ Secundaria incompleta _____
Secundaria completa _____ Técnico _____ Tecnólogo _____ Profesional _____

4. ¿A qué se dedica? _____

5. ¿Cuántos baños hay en su hogar? _____

6. ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? _____

7. ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?

Si _____ No _____ No sabe _____

8. ¿Qué animales ha visto por la zona? _____

9. ¿Qué tipo de olor percibe? _____

10. ¿A qué hora se intensifica el olor? _____

11. ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? _____

12. ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? _____

13. ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? _____

14. ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? _____ ¿Cuales? _____

6.7.2 Etapa 2: Determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos (pH, Temperatura, DBO, DQO, SST) del efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales y rio ariguanicito, antes y despues.

Para el desarrollo de esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

6.7.2.1. Actividad 2.1: Se realizó la respectiva revisión bibliográfica.

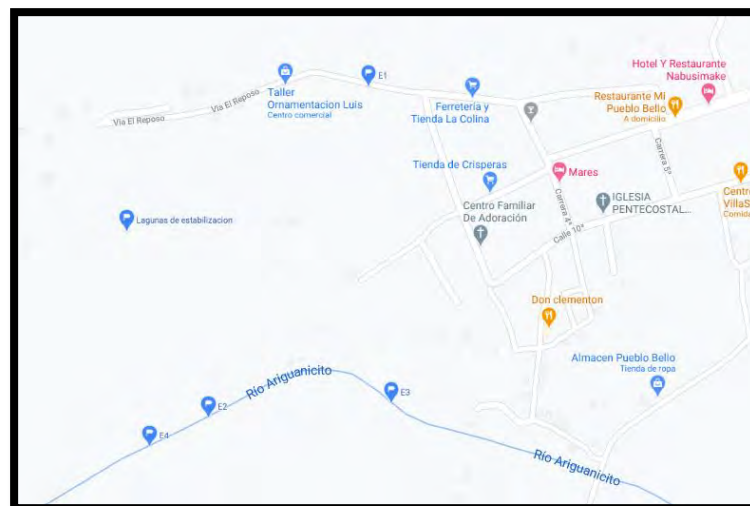
Descripción: se consultó en diferentes entidades, autoridades competentes (CAR), ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, sobre estudios y normativa ya realizados para llevar a cabo nuestro proyecto.

6.7.2.2. Actividad 2.2 Selección de estaciones de muestreo en el efluente de las lagunas de estabilización.

Descripción: Una vez en el sitio del problema (Rio Ariguanicito), se indicaron 4 estaciones para toma de muestras:

- Estación (E1) ubicada en el último manjól antes de llegar a la laguna de estabilización. Con las coordenadas (10°24'46.9"N 73°35'43.8"W).
- Estación (E2) ubicada en el efluente de la laguna de estabilización, con las coordenadas (10°24'30.4"N 73°35'51.9"W).
- Estación (E3) ubicada a 100 metros más arriba del efluente de la laguna de estabilización, con las coordenadas (10°24'40.7"N 73°36'48.1"W). (Maps, 2020).
- Estación (E4) ubicada a 100 metros más abajo del efluente de las lagunas de estabilización, con las coordenadas (10°24'29.0"N 73°35'54.9"W)

Figura 8 Ubicación de estaciones de muestreo.



Fuente: Autores 2020



6.7.2.3. Actividad 2.3: Toma de las muestras puntuales en las estaciones de muestreo establecidas.

Descripción: con un recipiente de plástico previamente esterilizado se toman las muestras de los parámetros DQO, DBO5 y SST, se rotulan y se colocan en una cava de icopor con hielo, las muestras posteriormente se envían al laboratorio Nancy Flores S.A.S, seguidamente se toman las muestras para realizar los parámetros de pH y temperatura, para ser enviadas al laboratorio de la Universidad Popular del Cesar donde con el pHmetro se dan los datos del pH y con el termómetro en un tiempo determinado la temperatura de las muestras, luego se realizara su caracterización y posteriormente análisis de las muestra. Como se describe a continuación:

Procedimiento estandarizado en la toma de muestras de cada parámetro.

Muestreo de aguas residuales: la toma de muestra se efectuó en las lagunas de estabilización ubicadas en el Municipio de Pueblo Bello, Cesar, la muestra es de tipo puntual, con una cantidad de 40 muestras tomadas entre las cuatro estaciones de muestreo previamente seleccionadas. Se recolectaron directamente en frascos de plástico previamente esterilizados, antes de la toma de muestra se enjuagan tres veces con la muestra de agua a analizar. Para el transporte de las muestras se almacenaron en una cava de icopor y cubetas de hielo para mantener las muestras.

Demanda biológica de oxígenos (DBO)

Método SM 5210 B/ SM 4500 – técnica incubación 5 días.

Se determinó el oxígeno requerido para la degradación bioquímica de la materia orgánica presente en el agua residual. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

Fundamento: mide la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para efectuar la degradación de la materia orgánica presente, su aplicación nos permite calcular los efectos de las descargas de aguas a los efluentes en los cuerpos receptores, esto nos permite diseñar plantas de tratamientos de aguas residuales.

Ámbito de aplicación: es aplicable a todo tipo de agua residual o natural.

Descripción de la metodología analítica



Recolección, preservación y almacenamiento de muestras: para el transporte de las muestras al Laboratorio Nancy Flores S.A.S., se procedió a depositar la muestra en un recipiente de plástico previamente esterilizado, rotulado y transportado en una cava de Icopor con hielo para mantener una temperatura $\leq 6^{\circ}\text{C}$.

Equipos y materiales:

- Botellas de incubación para la DBO, de 250 a 300 ml de capacidad. Lavarlas con detergente, enjuagarlas varias veces, y escurrirlas antes de su uso. Para evitar la entrada de aire en la botella de dilución durante la incubación, se debe utilizar un sello de agua, que se puede lograr satisfactoriamente invirtiendo las botellas en un baño de agua o adicionando agua en el reborde cóncavo de la boca de las botellas especiales para la DBO.

-Incubadora de aire o baño de agua, controlada termostáticamente a $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$; excluir cualquier fuente luminosa para eliminar el proceso de producción fotosintética de OD.

-Solución tampón de fosfato: Disolver 8,5 g de KH_2PO_4 , 21,75 g de K_2HPO_4 , 33,4 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, y 1,7 g de NH_4Cl en aproximadamente 500 ml de agua destilada y diluir a 1 L. El pH debe ser 7,2 sin posteriores ajustes. Si se presenta alguna señal de crecimiento biológico, descartar este o cualquiera de los otros reactivos.

-Solución de sulfato de magnesio: Disolver 22,5 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y diluir a 1 l.

-Solución de cloruro de calcio: Disolver 27,5 g de CaCl_2 en agua destilada y diluir a 1L.

-Solución de cloruro férrico: Disolver 0,25g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada, diluir a 1L

-Soluciones ácida y alcalina, 1 N, para neutralización de muestras cáusticas o ácidas.

1) Acido. A un volumen apropiado de agua destilada agregar muy lentamente y mientras se agita, 28 ml de ácido sulfúrico concentrado; diluir a 1 L.

2) Álcali. Disolver 40 g de hidróxido de sodio en agua destilada y diluir a 1 L.

-Solución de sulfito de sodio: Disolver 1,575 g de Na_2SO_3 en 1000 ml de agua destilada.

Inhibidor de nitrificación: 2-cloro-6-(triclorometil) piridina.



-Solución de glucosa-ácido glutámico: Secar a 103°C por 1 h glucosa y ácido glutámico grado reactivo. Disolver 150 mg de glucosa y 150 mg de ácido glutámico en agua destilada y diluir a 1 L. Preparar inmediatamente antes de su uso.

-Solución de cloruro de amonio: Disolver 1,15 g de NH₄Cl en 500 ml de agua destilada, ajustar el pH a 7,2 con solución de NaOH, y diluir a 1 L. La solución contiene 0,3 mg de N/ml.

Procedimiento:

Preparación del agua de dilución: se llenó una garrafa de agua destilada necesaria para el análisis, tres botellas para muestra en blanco y tres botellas para agua de dilución, tres botellas para muestra estándar y cuatro botellas para muestras y 1,5 litros adicionales. Airear la muestra por un tiempo de dos horas mínimo, verificar que la temperatura este entre 20 y 30 °C.

Se agregó un ml de cada una de las siguientes soluciones, por cada litro de agua de dilución a preparar: Solución tampón de fosfatos, Solución de sulfato de magnesio, Solución de cloruro de calcio, Solución de cloruro de hierro (III)

Alistando 3 botellas por cada muestra, blanco, blanco con cepa y estándar a procesar. Registrar el valor de 293 ml que correspóndela valor promedio de las botellas del laboratorio (293+/-4 ml), registre también el volumen de la alícuota que se tomará de la muestra y la dilución previa realizada en balón aforado si esta fuera necesaria de acuerdo a los criterios dados en 10.2. Adicionar 2 ml de la Cepa o Semilla tomando las precauciones citadas anteriormente.

Lectura del blanco: se alistaron tres botellas Winkler, se rotulan las botellas en “blanco” y se anota el día del análisis. Se adicionó el agua de dilución hasta la mitad del cuello de la misma. Se calibró el Oxímetro con la primera botella de blanco a 73% de saturación de oxígeno. Se realiza lectura del oxígeno inicial de los blancos, se llenó totalmente dejando el sello hidráulico (pequeña película de agua para impedir el intercambio de oxígeno entre la botella y el ambiente). Se leyó en las otras dos botellas de blancos como muestras y registrando los datos e incube a 20+/- 3°C por cinco días. Utilizando una de las botellas del blanco para calibrar el oxímetro al quinto día y leyendo el Oxígeno disuelto residual de los blancos, blanco con cepa, estándares y muestras.

Cálculos y presentación de resultados

El consumo de oxígeno en los cinco días para los blancos sin cepa debe ser < 0.2 mg/L



El consumo de oxígeno para agua de dilución más cepa en buenas condiciones debe estar entre 0,6 – 1,0 mg/L, teniendo en cuenta que este límite no es tan estricto debido a que se resta al consumo de oxígeno del estándar y las muestras.

Para promediar el valor de la DBO de las diferentes diluciones de cada muestra debe cumplir con los siguientes criterios de verificación: El consumo de OD de las muestras debe ser mayor o igual a 2 mg/L y el OD residual debe ser mayor o igual a 1.0 mg/L.

El estándar debe encontrarse en 198 ± 22 mg/L

Demanda bioquímica de oxígeno (DQO)

Método SM 5220 C – reflujo cerrado- volumétrico

Se determinó el oxígeno disuelto requerido para oxidar la materia orgánica presente en la muestra de agua residual.

Fundamento: es un parámetro que se utiliza para medir el contenido de materia orgánica de las aguas residuales y superficiales, es decir la cantidad de oxígeno disuelto necesario para oxidar la materia orgánica presente en la muestra. Es muy empleada en plantas de tratamiento para fines operativos por la obtención rápida de los resultados.

Ámbito de aplicación:

Descripción de la metodología analítica

Recolección, preservación y almacenamiento de muestras: para el transporte de las muestras al Laboratorio Nancy Flores S.A.S., se procedió a depositar la muestra en un recipiente de plástico previamente esterilizado, rotulado y transportado en una cava de Icopor con hielo para mantener una temperatura $\leq 6^{\circ}\text{C}$.

Equipos y materiales:

Soluciones y reactivos:

-Solución de digestión: adicionar, en 125 ml de agua destilada, 2,554 g de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), previamente seco en estufa a 103°C por 2 horas, 41,75 ml de ácido sulfúrico,



8,325 g de H_2SO_4 . Disolver, enfriar y completar, con agua destilada, el volumen en balón volumétrico de 250 ml.

– Reactivo de ácido sulfúrico: adicionar sulfato de plata (Ag_2SO_4) cristal o polco en H_2SO_4 en una proporción de 2,03 g de Ag_2SO_4 para 200 ml de ácido sulfúrico concentrado. La disolución completa del sulfato de plata demora cerca de 24 horas; por esto, se debe estar siempre atento a la necesidad de preparar una nueva solución.

– Solución patrón de hidrogenoftalato de potasio (KHP): de una cantidad de KHP seca a $120^\circ C$ por 2 horas, pesar 425,0 mg y disolver en aproximadamente 500 ml de agua destilada, e completar el volumen para 1000 ml en balón volumétrico. Esta solución es estable hasta por 3 meses cuando es guardada en refrigeración. Relación teórica entre KHP y la DQO: 1 mg de KHP = 1,171 mg O_2 .

Procedimiento:

Se utiliza el método de digestión con dicromato de potasio, usando el bloque dry block, modelo TE-021, donde es una reacción de oxidación en un medio fuertemente ácido a alta temperatura en presencia de un catalizador (sulfato de plata). Tras la oxidación de la materia orgánica presente (cambio de cromo del estado hexavalente (Cr_6^+) al estado trivalente (Cr_3^+) se obtiene la DQO directamente por colorimetría, ya que ambas especies de cromo se absorben en la región visible del espectro de luz.

Para la elaboración de la curva de calibración, se realizaron al menos 5 patrones de hidrogenoftalato de potasio (KHP) con DQO equivalente para cubrir cada rango de concentración. Para cada patrón se agregó un volumen específico de la solución de referencia, completando el volumen final con agua destilada. Luego, se retiró un volumen conocido de la solución anterior y se agregó las soluciones de digestión y catalítica, y realizo la digestión. Después de enfriar a temperatura ambiente, cada punto se lee en un espectrofotómetro.

Se realizó una prueba en blanco, utilizando agua destilada en lugar de la muestra y realizando el mismo procedimiento. Se debió homogeneizar la muestra, agitando el frasco que contiene la muestra, luego, cuando sea necesario diluir la muestra. La dilución debe realizarse utilizando el factor de dilución correspondiente.



Se Colocaron en los tubos, 1,5 ml de la solución de digestión. Adicionando 2,5 ml de muestra de agua residual. Adicionando 3,5 ml del reactivo ácido sulfúrico, Cerrando los tubos y agitar varias veces para homogeneizar. Mezclando bien antes de aplicar calor (siguiente paso) para evitar calentar el fondo del tubo y una posible reacción exotérmica.

Se colocaron los tubos en el bloque dry block, modelo TE-021, para hacer la digestión de la muestra a 150 ° C por 2 horas. Retirando los tubos del bloque de digestión, dejándolos enfriar, agitando y dejando que la materia suspendida se asiente para asegurarse de que el camino óptico esté despejado. Limpiando correctamente los tubos antes de las lecturas para evitar interferir con el paso de la luz. En el espectrofotómetro, se ajustó de la longitud de onda a 600 nm y “cero” con el blanco de prueba. Se realizó la lectura de la muestra siguiendo el mismo procedimiento de la construcción de la curva.

Cálculos y presentación de resultados.

Los patrones y el blanco se analizaron en las mismas condiciones de volumen y longitud de la trayectoria óptica en un espectrofotómetro, se calculó la DQO como se describe a continuación:

$$DQO(O_2L^{-1}) = \frac{mg\ O_2\ no\ volumen\ final\ x\ 1000}{ml\ muestra}$$

Sólidos suspendidos totales (SST)

Método SM 2540 D – gravimétrico.

Se determinó el contenido de sólidos suspendidos totales presentes en una muestra de agua residual.

Fundamento: La determinación de los sólidos suspendidos totales (SST) se basa en el incremento de peso que experimenta un filtro de fibra de vidrio (previamente tarado) tras la filtración al vacío, de una muestra que posteriormente es secada a peso constante a 103-105 °C. El aumento de peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión. La diferencia entre los sólidos totales y los disueltos totales, puede emplearse como estimación de los sólidos suspendidos totales. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

Ámbito de aplicación: es aplicable a todos los tipos de aguas.



Recolección, preservación y almacenamiento de muestras: para el transporte de las muestras al Laboratorio Nancy Flores S.A.S., se procedió a depositar la muestra en un recipiente de plástico previamente esterilizado, rotulado y transportado en una cava de Icopor con hielo para mantener una temperatura $\leq 6^{\circ}\text{C}$.

Equipos y materiales:

- Equipo de filtración
- Filtros para análisis gravimétrico: AP40 Millipore o equivalente (como GF1822047 ó 934AH Whatman)
- Estufa
- Desecador con sílica azul como indicador colorimétrico de humedad
- Balanza analítica
- Agitador magnético
- Probetas de diferentes volúmenes

Procedimiento:

Según (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013) se realizan los siguientes procedimientos:

Preparación del filtro de fibra de vidrio:

- se alista la estufa a una temperatura entre $103-105^{\circ}\text{C}$.
- Empleando grafito, marcar el filtro de forma inequívoca (ej.: mediante numeración consecutiva).
- Colocar el filtro (con la cara rugosa hacia arriba), en el equipo de filtración.
- Aplicar vacío y lavar el filtro con 3 porciones sucesivas de 20 ml de agua destilada.
- Manteniendo la filtración hasta la remoción total de las trazas de agua. Desechar el filtrado.
- Retirando el filtro, colocarlo en un papel de aluminio y secarlo en estufa a $103-105^{\circ}\text{C}$ durante una hora.
- se enfrió en el desecador hasta su empleo, pesar el filtro, y registrar los datos.



- se repitió hasta que la variación del peso sea < 4% ó de 0.5 mg (lo que resulte menor).

Anotar el peso del filtro (peso A).

Análisis de la muestra:

- Se esperó a que la muestra se encuentre a temperatura ambiente.
- En función del aspecto de la muestra, seleccionamos el volumen a filtrar.
- Cogimos el filtro previamente tarado del desecador, llevarlo al equipo de filtración e iniciar la succión.
- Se agito la muestra adecuadamente y depositar el volumen seleccionado sobre el filtro.
- Una vez que la muestra haya terminado de filtrar, lavamos 3 veces sucesivas con volúmenes de 10 ml de agua destilada dejando secar entre lavados.
- Se retiró el filtro y llevarlo al papel de aluminio (al mismo donde se guardó en el desecador) y secarlo en la estufa a 103-105oC durante una hora, se enfrió en desecador, se pesó el filtro y se registraron los datos.
- Se repitió el ciclo de secado, enfriamiento, desecado y pesado, hasta que la variación del peso sea < 4% o de 0.5 mg (lo que resulte menor). Anotar los pesos del filtro (peso B).

Cálculos y presentación de resultados

$$\frac{\text{mg sólidos suspendidos totales}}{L} = \frac{[(B - A) \times 1000]}{\text{volumen de muestra (ml)}}$$

Donde:

A: peso del filtro seco antes de la filtración (en mg)

B: peso del filtro + residuo seco (en mg)

En ambos casos, se empleará el promedio de los dos valores que cumplan el requisito de peso constante antes enunciado. Los resultados inferiores a 1 mg/L deben informarse como “< 1 mg/L”. Resultados entre 1-10 mg/L, se informarán con una cifra decimal; superiores a 10 mg/L, se redondearán a la unidad. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)



Se determina la temperatura de la muestra de agua

Fundamento: Es un parámetro físico que afecta directamente las mediciones del pH, conductividad y alcalinidad, de las descargas de agua caliente resultan las temperaturas elevadas.

Ámbito de aplicación: El método es aplicado en todo tipo de agua, en este caso residual, superficial, potable y hasta las marinas.

Descripción de la metodología analítica

Recolección, preservación y almacenamiento: para el transporte de las muestras en los laboratorios de la universidad, se procedió a depositar la muestra en un recipiente de plástico previamente esterilizado, rotulado y transportado en una cava de Icopor.

Equipos y materiales: se utilizó un pHmetro digital donde La temperatura en estos equipos suele tener una resolución de ± 0.1 ó 0.01°C y el intervalo de medición va desde 0 hasta al menos 50°C , con lo cual logra abarcarse el intervalo habitualmente presente en las muestras.

Presentación del resultado: se obtuvo directamente en la pantalla del equipo con dos cifras decimales.

PH

Se determina el pH de una muestra de agua residual

Fundamento: El pH es un parámetro que nos permite medir la concentración de iones de hidronio presentes en al agua, el instrumento utilizado para la medición es llamado pHmetro que tiene un vidrio que produce corriente eléctrica proporcional a la concentración de protones que contiene la solución y que se mide en un galvanómetro.

Ámbito de aplicación: es aplicable a todo tipo de agua, uno de sus objetivos es verificar el cumplimiento de la normativa vigente en los diferentes propósitos o para vertimientos de aguas a cuerpos de agua o alcantarillados.

Descripción de la metodología analítica



Recolección, preservación y almacenamiento de muestras: para el transporte de las muestras en los laboratorios de la universidad, se procedió a depositar la muestra en un recipiente de plástico previamente esterilizado, rotulado y transportado en una cava de Icopor.

Equipos y materiales: pHmetro

Procedimiento: El pHmetro debe estar debidamente conectado, ajustado, y calibrado para proceder introducir el electrodo en la muestra de agua, agitar suavemente para garantizar su homogeneidad y facilitar el equilibrio del electrodo y la muestra. Esperar que se estabilice el valor y leerlo.

Presentación de resultados: el resultado es dado por la pantalla del equipo y se expresa en dos cifras.

6.7.2.4. Actividad 2.4 Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicas

Descripción: una vez en el laboratorio Nancy Flores S.A.S., se realizaron los análisis básicos como: SST DBO y DQO, mientras que en los laboratorios de la universidad los parámetros de pH y temperatura.

Teniendo en cuenta la resolución 0631/15 por el cual se establecieron los parámetros y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4 Resolución 0631/15.

Parámetros	Nombre de la técnica	Valores admisibles
DBO₅	Incubación 5 días	90 Kg/díaDBO ₅
DQO	Titulométrico	180 mg/LO ₂
SST	Gravimétrico	90 mg/L
pH	Potenciometrico	6-9
Temperatura	Toma de temperatura	30 °C

Fuente: (Resolución, 2015)



6.7.2.5. Actividad 2.5 Análisis de los resultados de las pruebas y se compararan con la normativa vigente de nuestro país.

Descripción: se compararon los resultados físicos, químicos y biológicos, obtenidos de las muestras realizadas, mirando si excedían o no los niveles máximos permisibles estipulados en nuestra norma.

6.7.3. Etapa 3: Construir a escala piloto dos humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal.

6.7.3.1. Actividad 3.1 Toma de recipientes con las medidas (30x22x19), donde se colocaron los materiales (arena, grava, plantas).

Descripción: se realizaron los análisis granulométrico del material que se va agregar en el recipiente donde estarán las plantas. Donde se tuvo en cuenta:

Ecuación del caudal de operación

$$Q = \frac{V}{t}$$

Ecuación 1

Donde:

Q: caudal

V: volumen del recipiente

t: tiempo

Ecuación del área superficial

$$As = W * L$$

Ecuación 2

Donde:

As: área superficial

W: ancho

L: Largo

Ecuación área trasversal

$$Area\ trasversal = W * P$$

Ecuación 3

Donde:

At: área transversal

W: ancho

P: profundidad

Capacidad del diseño para conducir el flujo a través del humedal:

La ley de Darcy. Conductividad hidráulica, quien se interesó en el flujo de agua a través de medios porosos ya que se utilizaban medios porosos como filtros de arena para depurar el agua, es por eso que es tomada para el diseño de humedales de flujo subsuperficial. (Sánchez, 2015)

$$Q = \frac{As * Kt * h * n}{Ln\left(\frac{Co}{C}\right)}$$

Ecuación 4

Donde:

As: área superficial (m²)

Kt: constante de reacción de primer orden.

h: altura del humedal.

n: porosidad.

Co: concentración de DBO inicial

C: concentración de DBO final.

Ecuación de la constante de reacción de primer orden:

$$Kt = 1,104 \times 1,06^{T2-20}$$

Ecuación 5

Donde:

T2: Temperatura media del sitio.

Ecuación del tiempo de retención hidráulico:

Se calculó a través de la siguiente ecuación:



$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{L * A * H * P}{Q}$$

Ecuación 6

Donde:

L: largo

A: ancho

H: profundidad

P: porosidad

Q: caudal

6.7.3.2. Actividad 3.2 Realización del montaje del sistema

Descripción: A partir de la fosa séptica colocamos un tanque principal de filtrado

A continuación en la tabla 5 se caracterizan los tipos de medios porosos a utilizar en cada uno de los recipientes establecidos:

Tabla 5 Caracterización del medio poroso.

Tipo de Medio	Tamaño efectivo D10 (mm)	Porosidad	Conductividad hidráulica (ks) m 3 / m2 d
Arena gruesa	2	28-32	100-1000
Arena gravosa	8	38-35	500-5000
Grava media	32	36-40	10 000-50 000

Fuente (Silva, 2012)

- Filtro de piedras de hasta 5cm con piedras machacadas, grava y arena gruesa
- Plantas al final de proceso para que remuevan ciertos parámetros

6.7.3.3. Actividad 3.3 Seguimiento de adaptación de las plantas en el humedal artificial.

Descripción: Para este análisis se tuvo en cuenta un periodo de adaptación de las plantas (inicial), la siembra y disposición de las mismas en el humedal y el tiempo de culminación (final) más o menos de un mes a 45 días.



6.7.4. *Etapa 4: Evaluación de la remoción de los dos humedales artificiales utilizando las plantas lirio amarillo (*Iris pseudacorus*) y junco gigante (*Schoenoplectus tabernaemontani*).*

6.7.4.1. *Actividad 4.1 Determinación sobre cuál de los dos sistemas empleados es el más eficiente*

Descripción: para la determinación de la eficiencia se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en la caracterización de las estaciones de muestreo previamente seleccionadas y el humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal, teniendo en cuenta los parámetros de DBO₅, DQO y SST, aplicando la siguiente ecuación:

$$E = \frac{(S_0 - S)}{S_0} * 100$$

Ecuación 7

Donde

E: Eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes (%)

S: Carga contaminante de salida.

S₀: Carga contaminante de entrada

6.7.4.2. *Actividad 4.2 Comparación del porcentaje de remoción de cada una de las plantas*

Descripción: Una vez se realizaron las pruebas de laboratorio, determinamos analíticamente cuál de las dos plantas removió más parámetros en estudio.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1 Caracterización socioambiental y económica del área de influencia directa del sistema de tratamiento de aguas residuales existente.

7.1.1. Identificación del área de estudio y caracterización ambiental (Trabajo de Campo).

Dentro de la identificación del área de estudio en los barrios “villa Marina 1 y Lomita blanca” ubicados en las coordenadas respectivamente (10.412487705424397,-73.59953894005776, 10.412875496863208,-73.598098593823), reconociendo de manera visual las condiciones del entorno, sus calles no están pavimentadas, hay poca presencia de árboles, la mayoría de las casas tienen el mismo diseño, y muy pocas están modificadas con segunda o tercera planta.

Figura 9 Zona de estudio



Fuente: Autores 2022.

7.1.2 Encuestas a los Barrios “Villa Marina 1 y Lomita Blanca” en el área de estudio para determinación de condiciones socioambientales y económicas.

De acuerdo al numero de los habitantes del area de estudio se realizaron 31 encuestas en los Barrio “Villa Marina 1 y Lomita blanca donde se obtuvieron los siguientes resultados:

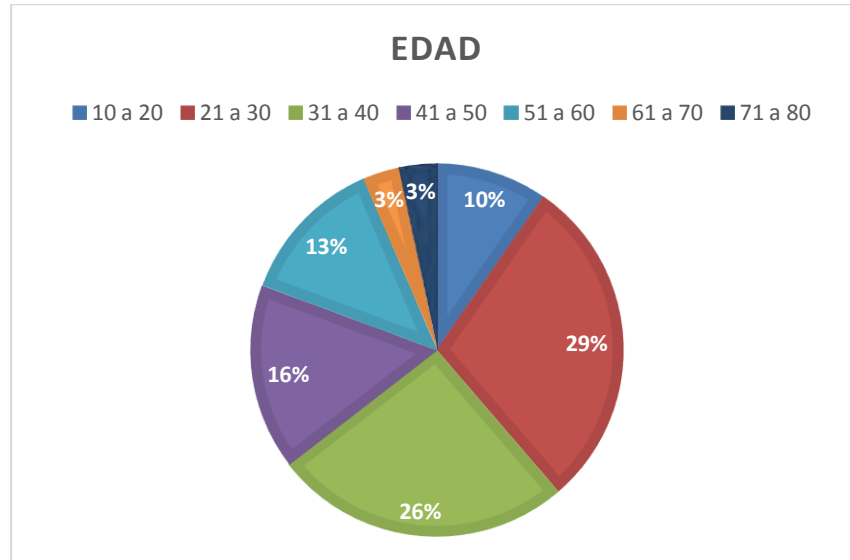
EDAD

Tabla 6 Datos edad población de estudio.

EDAD	CANTIDAD
10 a 20	3
21 a 30	9
31 a 40	8
41 a 50	5
51 a 60	4
61 a 70	1
71 a 80	1
Total	31

Fuente: autores, 2022.

Gráfica 1 Edad.



Fuente: autores, 2022.

Según lo datos obtenidos con un 29% la mayor parte de la poblacion tienen edades entre 21 a 30 años, seguidamente con un 26% la poblacion entre las edades de 31 a 40 años. La poblacion

con menor edad es de 61 a 70 años con un 3% y la de 71 a 80 años con un 3% equivalente a dos personas encuestadas.

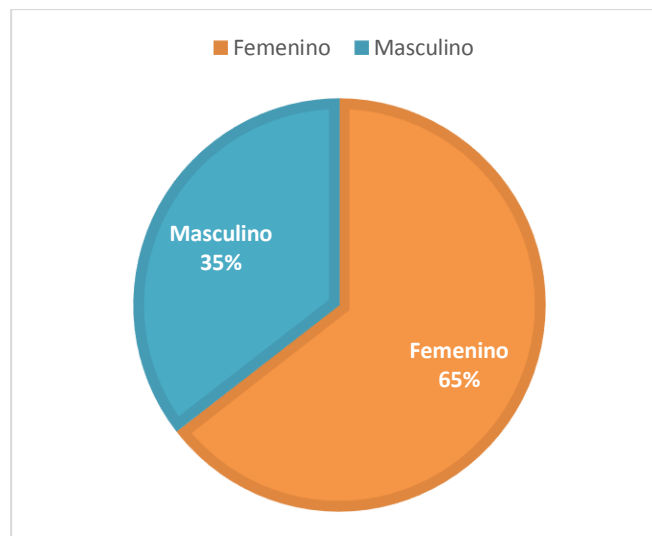
SEXO

Tabla 7 Datos Sexo población de estudio

SEXO	CANTIDAD
Femenino	20
Masculino	11
Total	31

Fuente: Autores, 2022.

Gráfica 2 Sexo.



Fuente: Autores, 2022.

De acuerdo a la población encuestada se dio como resultado un mayor número de mujeres encuestadas con un 65% mientras que los hombres fueron en un 35%.

ESTRATO SOCIOECONOMICO

Todos los habitantes del área de estudio son de estrato socioeconómico 1 debido a que fue un proyecto del estado donde se beneficiaron familias vulnerables.

CANTIDAD DE PERSONAS QUE VIVEN EN CADA HOGAR

Tabla 8 Cuantas personas viven en el hogar

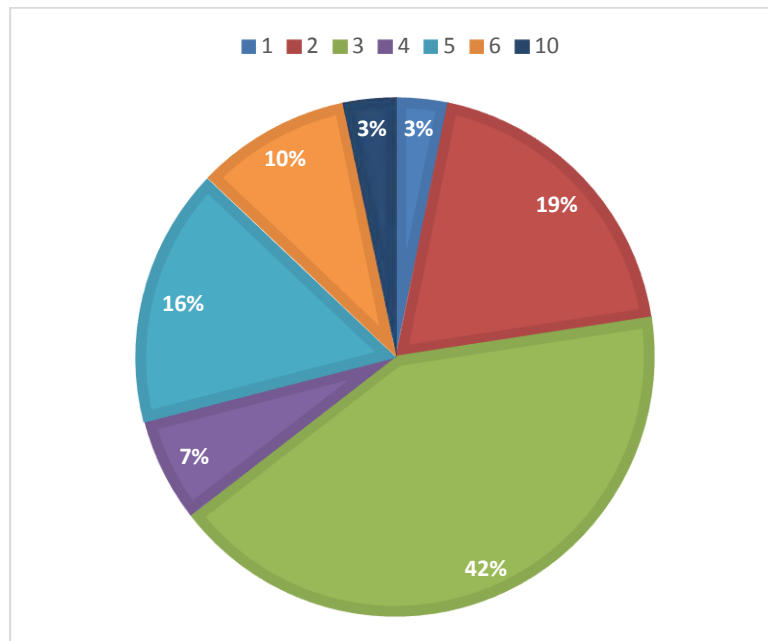
# personas que viven en la casa	cantidad
1	1



2	6
3	13
4	2
5	5
6	3
10	1
Total	31

Fuente: autores, 2022.

Gráfica 3 Cantidad de personas que viven en el hogar.



Fuente: autores, 2022.

En la mayoría de los hogares encuestados viven tres personas (42%), luego 6 viviendas donde habitan 2 personas (19%), cinco viviendas donde habitan cinco personas (16%), encontrando una sola vivienda donde habitan 10 personas (3%).

NIVEL DE ESTUDIO

Tabla 9 Nivel de estudio de las personas encuestadas

Nivel de estudio	
Nivel de estudio	Número de personas
Primaria incompleto	4
Primaria completa	6
Secundaria incompleta	2
Secundaria completa	11



Técnico	6
Tecnológico	0
Profesional	2
Total	31

Fuente: Autores, 2022

Gráfica 4 Nivel de estudio de las personas encuestadas



Fuente: Autores, 2022.

Según los datos obtenidos la mayoría de la población tiene un nivel de estudio de secundaria completa con 11 personas, seguidamente 6 personas tienen primaria completa y técnico.

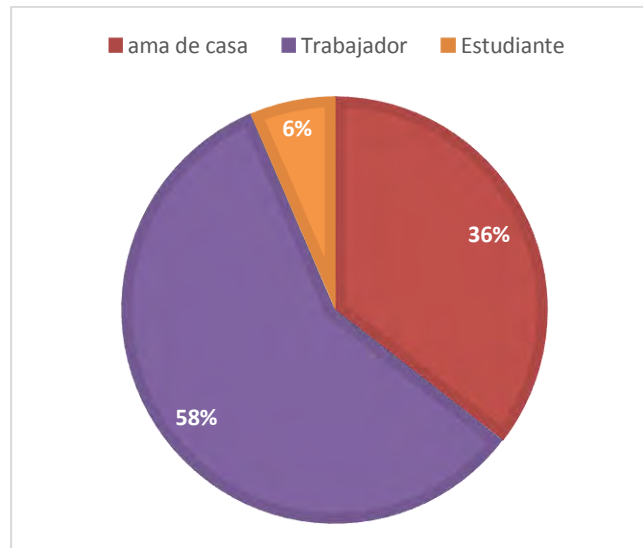
OCUPACION

Tabla 10 Ocupación de área encuestada

A que se dedica	Cantidad de personas
Ama de casa	11
Trabajador	18
Estudiantes	2
Total	31

Fuente: Autores, 2022.

Gráfica 5 Profesión de los encuestados



Fuente: Autores, 2022.

La mayoría de las personas encuestadas son trabajadores (58%) entre ellos tenemos comerciantes, conductores, enfermeras, con un 36 % se tienen amas de casa y quienes se dedican a estudiar son solo 2 personas (6%).

BATERIAS SANITARIAS EN LOS HOGARES

Tabla 11 Baterías sanitarias del área encuestada

¿Cuántos baños hay en su hogar?	
Numero de baños	Cantidad de baños
1	21
2	9
3	1
Total	31

Fuente: Autores, 2022.

Como las viviendas fueron un proyecto del gobierno solo incluyeron una batería sanitaria en cada vivienda, solo nueve hogares han añadido una batería más a sus viviendas y una de tres baterías.

HABITACIONES DE CADA HOGAR

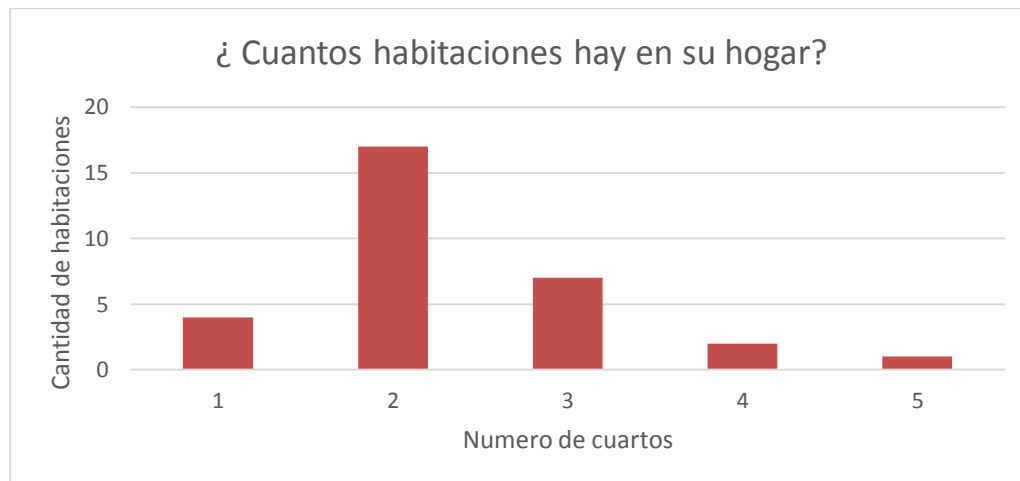
Tabla 12 Habitaciones de cada hogar encuestado

**¿Cuántas habitaciones hay
en su hogar?**

Numero de cuartos	Cantidad de habitaciones
1	4
2	17
3	7
4	2
5	1
Total	31

Fuente: Autores, 2022.

Gráfica 6 Habitaciones que hay en un hogar



Fuente: Autores, 2022

Las habitaciones incluidas en el proyecto de vivienda eran solo dos, la mayoría de habitantes encuestados no han hecho modificaciones, mientras que otros han agrandado el numero de habitaciones con tres, cuatro y cinco.

Pregunta ¿sabe usted que es una laguna de estabilizacion?

Figura 10 Ubicación de las lagunas de estabilización con respecto al área de estudio



Fuente: Autor, 2022.

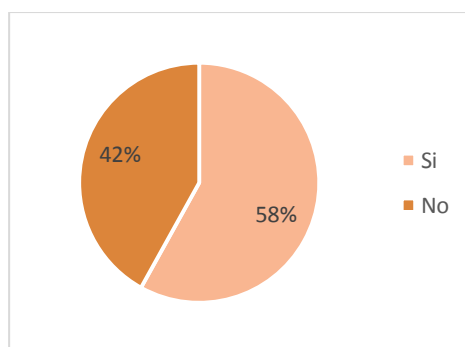
Como se observa en la ilustración 10 las lagunas estan a simple vista de la zona de estudio, los barrios “lomita blanca y Villa Marina”.

Tabla 13 Respuesta a la pregunta ¿sabe usted que es una laguna de estabilización?

¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?	
Respuesta	Número de personas
Si	18
No	13
Total	31

Fuente: Autor, 2022.

Gráfica 7 ¿sabe usted que es una laguna de estabilizacion?



Fuente: Autor, 2022.

En síntesis los encuestados que dieron una respuesta positiva tienen claridad de lo que es una laguna de estabilización, ya que dieron una explicación acorde al tema, mientras que los que no se le procedió a la respectiva explicación.



De acuerdo con las personas encuestadas dentro de la zona de estudio, han observado dentro y fuera de las lagunas de estabilización tortugas campanitas (*Phrynops hilarii*), reptiles como serpientes (serpientes), Aves como buitres (accipitriforme) y reptiles carnívoros (Babilla) observadas algunas veces. Además dentro de sus viviendas hay proliferación de Vectores (mosquitos, cucarachas, moscas) roedores (ratas y ratones) y anfibios (sapos).

Asimismo percibieron malos olores por los que describieron como putrefactos y de materia fecal intensificados en horarios entre las 6:00 pm a 6:00 am, cabe resaltar que las lagunas facultativas producen malos olores por la presencia de materia flotante, las cuales al impedir el paso de la luz solar, interrumpen o minimizan el proceso de fotosíntesis por consiguiente se merma en la producción de oxígeno por parte de las algas, también pueden ser producidos por la ausencia de algas, debido a que éstas han sido perjudicadas por la presencia de materias tóxicas o excesivamente ácidas y alcalinas, En estas condiciones pueden ocurrir los procesos de reducción del sulfato y la metanogénesis (metano y ácido sulfhídrico, entre otros). (Biblioteca Edu.Pe).

En tiempo de lluvia las lagunas de estabilización se rebosan, además de que el personal de la empresa prestadora de servicios públicos del municipio no visita la zona de estudio desde hace más de 5 años esto demuestra que no se está realizando el debido mantenimiento de la misma. (Alcaldía de Pueblo Bello, 2020).

Dentro de las afectaciones que las personas encuestadas presentan en su mayoría están dentro del campo de la salud, ocasionadas por insectos (mosquitos, cucarachas y moscas), roedores (ratones y ratas) y bacterias descomponedoras, según la ley 9 del 79 en su artículo 201, El Ministerio de Salud o la entidad delegada reglamentará el control de roedores y otras plagas. Además de enfermedades respiratorias ocasionadas por la contaminación del aire y la afectación de la dignidad humana.

7.2. Determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos (pH, Temperatura, DBO, DQO, SST) del efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales y río ariguanicito, antes y después.

7.2.1 Respectiva revisión bibliográfica.

Se consultaron en las entidades encargadas de las lagunas de estabilización en este caso “EMSEPU” empresa prestadora de servicio público de Pueblo Bello, pero no obtuvimos una respuesta positiva ante nuestra solicitud.



Sin embargo la CAR (Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR-, 2021) en su resolución N°0003 del 07 de enero del 2021 modifica el PSMV del municipio e imparte aprobación del mismo, donde se definen los parámetros y valores límites máximos permisibles más estrictos para los vertimientos puntuales que se realicen en el cuerpo de agua receptor, además de la rehabilitación y optimización en corto y largo plazo el sistema de tratamiento existente.

De acuerdo a estudios del PSMV del municipio de Pueblo Bello a la fecha no se cumplió la ejecución de las siguientes actividades como la optimización y rehabilitación del sistema lagunar Santander y Campo Soto, además de la caracterización físicoquímica y microbiológica de las aguas residuales domésticas y fuentes receptoras (Alcaldía de Pueblo Bello, 2020).

Los sistemas lagunares a la fecha no se encuentran funcionando en óptimas condiciones debido a la falta de mantenimiento y mal estado de su estructura física, presencia de abundante material vegetal y maleza. Esta situación puede afectar la calidad del cuerpo receptor río Ariguanicito. (Alcaldía de Pueblo Bello, 2020).

Además de que el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible en su resolución N°1294 de Agosto de 2014 certifica el cumplimiento de la función ecológica del resguardo indígena “Arhuaco” ubicado en el Municipio de Pueblo Bello, Cesar, donde se prevé el mejoramiento de la calidad de vida de sus integrantes en casos de ampliación, reestructuración o saneamiento.

7.2.2. Selección de estaciones de muestreo en el efluente de las lagunas de estabilización.

Se especificaron las estaciones de muestreo en el efluente de la laguna (E2) midiendo los 100 metros más arriba del efluente de la laguna (E3), 100 metros más abajo del efluente de la laguna (E4) y por el último manjón que ingresa a las lagunas de estabilización (E1).

7.2.3. Toma de muestras puntuales en las estaciones de muestreo establecidas.

Se tomaron las muestras puntuales en las estaciones de muestreo establecidas, para luego ser enviadas al laboratorio “Nancy Flores” ubicado en la ciudad de Valledupar, Cesar.

Estación (E1)

Ubicada en el último manjón antes de llegar a la laguna de estabilización. Con las coordenadas (10°24'46.9"N 73°35'43.8"W)

Figura 11 Estación E1 Manjón



Fuente: Autores, 2022.

Estación (E2)

Ubicada en el efluente de la laguna de estabilización, con las coordenadas (10°24'30.4"N 73°35'51.9"W).

Figura 12 Estación E2 Efluente de las lagunas de estabilización.



Fuente: Autores, 2022.

Estación (E3)

Ubicada a 100 metros más arriba del efluente de la laguna de estabilización, con las coordenadas (10°24'40.7"N 73°36'48.1"W). (Maps, 2020).



Fuente: Autores, 2022.

Estación (E4)

Ubicada a 100 metros más abajo del efluente de las lagunas de estabilización, con las coordenadas (10°24'29.0"N 73°35'54.9"W).

Figura 14 Estación E4 100 metros más abajo del efluente de las lagunas de estabilización



Fuente: Autores, 2022.

7.2.4 Determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos.

Se determinaron los parámetros (DBO, DQO y SST) haciendo uso de los servicios prestados por el laboratorio privado llamado “Nancy Flores Garcia S.A.S” ubicado en la ciudad de Valledupar, mientras que los parámetros (Temperatura y pH) se realizaron en los laboratorios de

la universidad. El muestreo se realizó el día 30 de Agosto de 2021, siendo la entrega de los resultados el día 07 de Septiembre de 2021 por parte del laboratorio.

Parámetros físicos, químicos y biológicos antes.

En las siguientes tablas se presentan los resultados de los parámetros establecidos de demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda química de oxígeno (DQO), Sólidos suspendidos totales, temperatura y pH en cada una de las estaciones.

Estacion E1

Tabla 14 Resultados parámetros Estación E1 (primera toma de muestra)

Laboratorio Nancy flores				
Analisis	Metodo- Tecnica	LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)mg O2/L (A)	SM 5210 B/ SM 4500-O G – Incubacion 5 días	2,00	2021/08/30	86,0
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C – Reflujo cerrado – Volumetrico	20,0	2021/09/02	136
Sólidos Suspendidos Totales mg O2/L (A)	SM 2540 D – Gravimetrico	5,00	2021/09/03	178
Laboratorio Universidad Popular del Cesar				
Temperatura (°C)	Termometro		2021/09/04	26,7
pH	Phmetro		2021/09/04	6,70

Fuente: Autores, 2022.

Nota: Muestra tomada y entregada al laboratorio “Nancy Flores Garcia S.A.S”.

(LMC): Limite de cuantificación del metodo. (A): acreditado.

Estacion E2

Tabla 15 Resultados parámetros estación E2 (primera toma de muestras)

Laboratorio Nancy flores				
Analisis	Metodo- Tecnica	LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)mg O2/L (A)	SM 5210 B/ SM 4500-O G – Incubacion 5 días	2,00	2021/08/30	11,6
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C – Reflujo cerrado - Volumetrico	20,0	2021/09/02	26,6

Solidos Suspendidos Totales mg O₂/L (A)	SM 2540 D - Gravimetrico	5,00	2021/09/03	22,0
Laboratorio Universidad Popular del Cesar				
Temperatura (°C)	Termometro		2021/09/04	26,8
pH	Phmetro		2021/09/04	6,82

Fuente: Autores, 2022.

Nota: Muestra tomada y entregada al laboratorio "Nancy Flores Garcia S.A.S".

(LMC): Limite de cuantificacion del metodo. (A): acreditado.

Estacion E3

Tabla 16 Resultados parámetros E3

Analisis	Laboratorio Nancy flores			RESULTADO
	Metodo- Tecnica	LCM	FECHA ANALISIS	
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO₅)mg O₂/L (A)	SM 5210 B/ SM 4500-O G – Incubacion 5 dias	2,00	2021/08/30	< 2,0
Demanda Química de Oxigeno (DQO) mg O₂/L (A)	SM 5220 C – Reflujo cerrado - Volumetrico	20,0	2021/09/02	<20,0
Solidos Suspendidos Totales mg O₂/L (A)	SM 2540 D - Gravimetrico	5,00	2021/09/03	10,4
Laboratorio Universidad Popular del Cesar				
Temperatura (°C)	Termometro		2021/09/04	27,3
pH	Phmetro		2021/09/04	7,19

Fuente: Autores, 2022.

Nota: Muestra tomada y entregada al laboratorio "Nancy Flores Garcia S.A.S".

(LMC): Limite de cuantificacion del metodo. (A): acreditado.

Estacion E4

Tabla 17 Resultados parámetros estación E4

Analisis	Laboratorio Nancy flores			RESULTADO
	Metodo- Tecnica	LCM	FECHA ANALISIS	
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO₅)mg O₂/L (A)	SM 5210 B/ SM 4500-O G – Incubacion 5 dias	2,00	2021/08/30	<2,0



Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O₂/L (A)	SM 5220 C – Reflujo cerrado - Volumetrico	20,0	2021/09/02	<20,0
Solidos Suspendidos Totales mg O₂/L (A)	SM 2540 D - Gravimetrico	5,00	2021/09/03	9,20
Laboratorio Universidad Popular del Cesar				
Temperatura (°C)	Termometro		2021/09/03	27,9
pH	Phmetro		2021/09/03	6,87

Fuente: Autores, 2022.

Nota: Muestra tomada y entregada al laboratorio “Nancy Flores Garcia S.A.S.”.

(LMC):Limite de cuantificacion del metodo. (A): acreditado.

Se decidio volver a tomar las muestras en las estaciones : (E1) ubicada en el ultimo manjolo antes de llegar a las lagunas de estabilizacion, por los resultados obtenidos inicialmente (los parametros cumplen con la norma) y (E2) ubicada en el efluente de las lagunas de estabilizacion, siendo esta la muestra de agua a tomar para el tanque de almacenamiento del humedal, El muestreo se realizo el dia 19 de Noviembre del 2021, donde se obtubieron los siguientes resultados:

Tabla 18 Resultados parámetros (E1) (segunda toma de muestra)

Analisis	Laboratorio Nancy flores			
	Metodo- Tecnica	LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)mg O₂/L (A)	SM 5210 B/ SM 4500-O G – Incubacion 5 dias	2,00	2021/11/20	134
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O₂/L (A)	SM 5220 C – Reflujo cerrado - Volumetrico	20,0	2021/11/23	201
Solidos Suspendidos Totales mg O₂/L (A)	SM 2540 D - Gravimetrico	5,00	2021/11/23	39,0
Laboratorio Universidad Popular del Cesar				
Temperatura (°C)	Termometro		2021/11/23	28,1
pH	Phmetro		2021/11/23	6,70

Fuente: Autores, 2022.

Nota: Muestra tomada y entregada al laboratorio “Nancy Flores Garcia S.A.S.”.

(LMC):Limite de cuantificacion del metodo. (A): acreditado.

Tabla 19 Resultados parámetros (E2) (Segunda toma de muestras)

Laboratorio Nancy flores				
--------------------------	--	--	--	--

Analisis	Metodo- Tecnica	LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)mg O2/L (A)	SM 5210 B/ SM 4500-O G – Incubacion 5 días	2,00	2021/08/30	36,8
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C – Reflujo cerrado - Volumetrico	20,0	2021/09/02	56,7
Solidos Suspendidos Totales mg O2/L (A)	SM 2540 D - Gravimetrico	5,00	2021/09/03	32,8
Laboratorio Universidad Popular del Cesar				
Temperatura (°C)	Termometro		2021/09/03	28,0
pH	Phmetro		2021/09/03	6,52

Fuente: Autores, 2022.

Nota: Muestra tomada y entregada al laboratorio “Nancy Flores Garcia S.A.S.”.

(LMC):Limite de cuantificacion del metodo. (A): acreditado.

Parámetros físicos, químicos y biológicos Despues.

Luego de las muestras obtenidas el día 19 de Noviembre del 2021 se tomo la muestra de agua de la estacion E2 del efluente de las lagunas de estabilizacion para la distribucion del tanque de almacenamiento del humedal artificial, donde se puso en marcha el sistema de tratamiento con las plantas en estudio (Junco Gigante y Lirio Amarillo), con un tiempo estimado de 48 dias en funcionamiento para posteriormente realizar la toma de muestras el dia 11 de Enero del 2022, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 20 Resultados Muestra en blanco

Laboratorio Nancy flores				
Analisis	Metodo- Tecnica	LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)mg O2/L (A)	SM 5210 B/ SM 4500-O G – Incubacion 5 días	2,00	2022/01/11	24,1
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C – Reflujo cerrado - Volumetrico	20,0	2022/01/11	38,4
Solidos Suspendidos Totales mg O2/L (A)	SM 2540 D - Gravimetrico	5,00	2022/01/11	6,80
pH	Phmetro		2022/01/11	7,14
Laboratorio Universidad Popular del Cesar				
Temperatura (°C)	Termometro		2022/01/11	28,3

Fuente: Autores, 2022.

Nota: Muestra tomada y entregada al laboratorio “Nancy Flores Garcia S.A.S.”.

(LMC): Limite de cuantificación del metodo. (A): acreditado.

Tabla 21 Resultado muestra Lirio Amarillo.

Biológicos				
Analisis	Metodo- Tecnica	LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B/ SM 4500-O G – Incubacion 5 dias	2,00	2022/01/11	18,1
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C – Reflujo cerrado - Volumetrico	20,0	2022/01/11	36,0
Solidos Suspendidos Totales mg O2/L (A)	SM 2540 D - Gravimetrico	5,00	2022/01/11	14,0
pH	Phmetro		2022/01/11	8,52
Laboratorio Universidad Popular del Cesar				
Temperatura (°C)	Termometro		2022/01/11	28,6

Fuente: Autores, 2022.

Nota: Muestra tomada y entregada al laboratorio “Nancy Flores Garcia S.A.S.”.

(LMC): Limite de cuantificación del metodo. (A): acreditado.

Tabla 22 Resultados muestra Junco Gigante.

Biológico				
Analisis	Metodo- Tecnica	LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B/ SM 4500-O G – Incubacion 5 dias	2,00	2022/01/11	13,3
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C – Reflujo cerrado - Volumetrico	20,0	2022/01/11	21,6
Solidos Suspendidos Totales mg O2/L (A)	SM 2540 D - Gravimetrico	5,00	2022/01/11	13,4
pH	Phmetro		2022/01/11	7,41
Laboratorio Universidad Popular del Cesar				
Temperatura (°C)	Termometro		2022/01/11	28,2

Fuente: Autores, 2022.



7.2.5. Analisis de resultados de laboratorio con la normativa vigente.

Con las muestras de laboratorio previamente realizadas en cada estacion establecida se tiene en cuenta la resolucio 0631 del 2015 por el cual se establecen los parámetros y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público en su artículo 8: parámetros fisicoquímicos y su valores límites permisibles en los vertimientos de agua residuales domesticas (ARD) de las actividades industriales, comerciales o de servicios; y de las aguas residuales (ARD y ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de agua superficial, para su respectivo análisis.

Se presentan los siguientes resultados en la tabla 23 teniendo en cuenta el tratamiento antes (lagunas de estabilización) y después (humedal artificial).

Tabla 23 Comparación de los parámetros con la normativa. (Antes)

Parametro	Resultado	Valor admisible según Res 0631/15 Art 8	Observacion
E1 Ultimo Manjol (muestra del 30 Agosto del 2021)			
DBO ₅	86,0 mg/díaDBO ₅	90 mg/díaDBO ₅	Cumple
DQO	136 mg/LO ₂	180 mg/LO ₂	Cumple
SST	178 mg/L	90 mg/L	Cumple
pH	6,70	6-9	Cumple
Temperatura	26,7	30 °C	Cumple
E1 Ultimo Manjol (muestra del 19 de Noviembre del 2021)			
DBO ₅	134 mg/díaDBO ₅	90 mg/díaDBO ₅	No Cumple
DQO	201 mg/LO ₂	180 mg/LO ₂	No Cumple
SST	39,0 mg/L	90 mg/L	Cumple
pH	6,70	6-9	Cumple
Temperatura	28,1	30 °C	Cumple
E2 Efluente de la laguna de estabilizacion (muestra del 30 Agosto del 2021)			



DBO₅	11,6 mg/díaDBO ₅	90 mg/díaDBO ₅	Cumple
DQO	26,6 mg/LO ₂	180 mg/LO ₂	Cumple
SST	22,0 mg/L	90 mg/L	Cumple
pH	6,82	6-9	Cumple
Temperatura	26,8	30 °C	Cumple

E2 Efluente de la laguna de estabilizacion (muestra del 19 de noviembre del 2021)

DBO₅	36,8 mg/díaDBO ₅	90 mg/díaDBO ₅	Cumple
DQO	56,7 mg/LO ₂	180 mg/LO ₂	Cumple
SST	32,8 mg/L	90 mg/L	Cumple
pH	6,52	6-9	Cumple
Temperatura	28	30 °C	Cumple

E3 100 metros mas arriba del efluente de las lagunas (muestra del 30 de Agosto del 2021)

DBO₅	<2,00 mg/díaDBO ₅	90 mg/díaDBO ₅	Cumple
DQO	< 20,0 mg/LO ₂	180 mg/LO ₂	Cumple
SST	10,4 mg/L	90 mg/L	Cumple
pH	7,19	6-9	Cumple
Temperatura	27,3	30 °C	Cumple

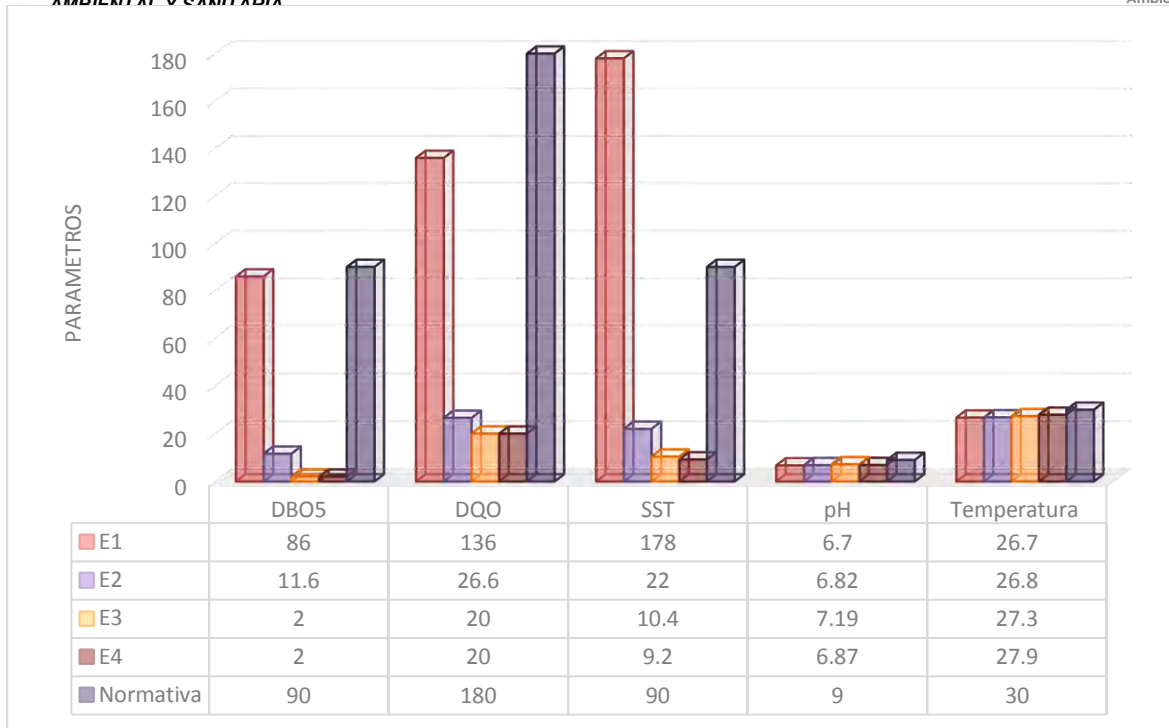
E4 100 metros mas debajo del efluente de las lagunas de lagunas (muestra del 30 de Agosto del 2021)

DBO₅	< 2,00 mg/díaDBO ₅	90 mg/díaDBO ₅	Cumple
DQO	<20,0 mg/LO ₂	180 mg/LO ₂	Cumple
SST	9,20 mg/L	90 mg/L	Cumple
pH	6,87	6-9	Cumple
Temperatura	27,9	30 °C	Cumple

Fuente: Autores, 2022.

Se procede a realizar una comparación de los resultados obtenidos en cada estación con la resolución 0631 del 2015 en su artículo 8 presentados en la gráfica 8:

Gráfica 8 Comparación (4) estaciones con la resolución 0631/15.



Fuente: Autores, 2022.

Nota: Muestras tomadas 30 de Agosto 2021.

Los resultados descritos en la grafica 8, nos indican que las primeras muestras tomadas para cada estacion estan dentro de los limites maximos permiscibles según la resolucio 0631 del 15 en su articulo 8, excepto la muestra tomada para SST en la estacion E1 (manjol), cabe resaltar que con los resultados obtenidos (E1 Manjol) bajo las condiciones de agua residual domestica en este caso concocidas en el sistema de alcantarillado no deberian estar cumpliendo la normativa existente, debido a que no se esta realizando ningun tratamiento previo, por tal motivo se decide tomar nuevamente las muestras.

Las muestras tomadas en el efluente de las lagunas (E2) cumplen con todos los parámetros de la normativa, esto quiere decir que las lagunas de estabilización (Santander y Campo Soto) están haciendo un tratamiento adecuado al agua vertida al Rio Ariguanicito, esto debido a que según datos del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV, 2020) el caudal de entrada y salida es mucho menor al área de ocupación, debido a que existen dos PTAR y solo ingresa un sector de la población al sistema lagunar.

Según (Orjuela & Charry, 2019) los factores que influyen en la eficiencia del sistema lagunar esta medido por el grado de estabilización de la materia orgánica que entra, es dependiente



no sólo de la cinética de los procesos biológicos, sino también, de las características hidráulicas del sistema, que en este caso son eficientes por la poca carga contaminante que ingresa al sistema.

De acuerdo con los resultados obtenidos con el tratamiento de las lagunas de estabilización Santander y Campo Soto están cumpliendo con la resolución 0631 del 2015 en cuanto a los parámetros (DBO, DQO, SST, pH, temperatura) se propuso el humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal como un sistema de tratamiento terciario para reducir los contaminantes remanentes presentes en el efluente de las lagunas, asimismo para evaluar cuál es la capacidad depuradora de las plantas Lirio Amarillo y Junco Gigante.

En la actualidad se buscan procesos compatibles con la sostenibilidad del medioambiente, en este caso los humedales artificiales son capaces de depurar aguas residuales, siendo una tecnología no convencional, con un mecanismo fiable a largo plazo, para pequeñas o medianas comunidades, con bajo coste de construcción y mantenimiento. (Martínez P. , 2014)

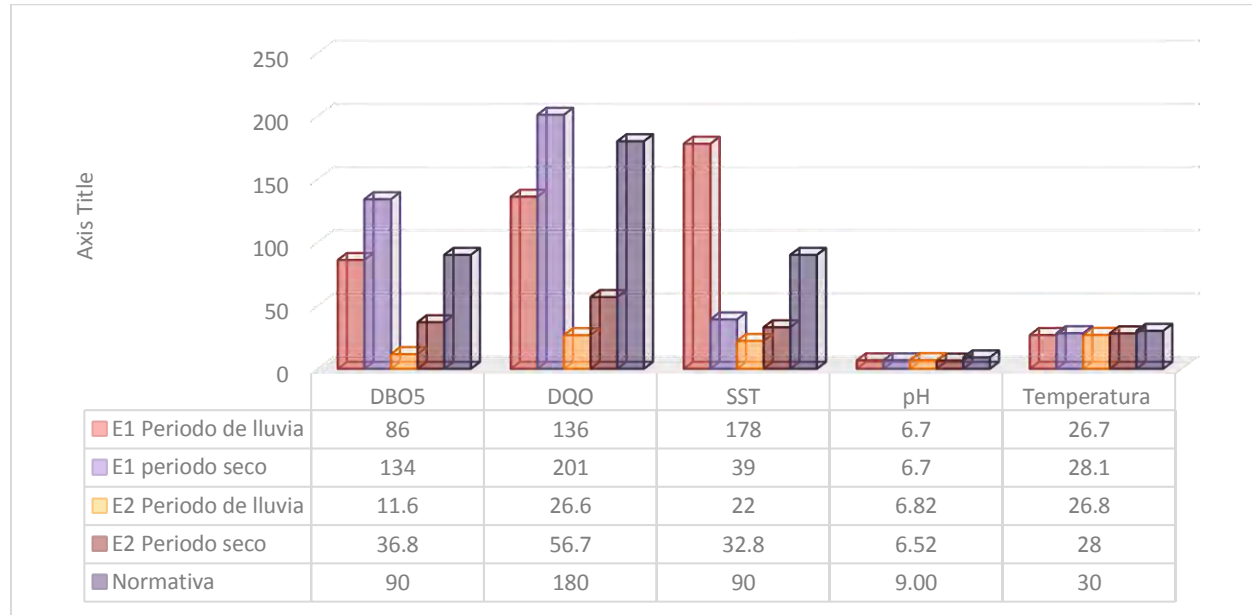
Con las muestras E3 (100 metros arriba del efluente) y E4 (100 metros abajo del efluente) se puede entender que los ríos son capaces de autodepurarse por la acción de los microorganismos que consumen materia orgánica y por el proceso de sedimentación que facilita la formación del lecho del río, en el momento en el que ocurre la descarga de aguas residuales (E2 – Efluente de la laguna) inicia la descomposición biológica en la cual se consume oxígeno, disminuyendo así la concentración de oxígeno disuelto. (Jáuregui, y otros, 2017). Por tal efecto los resultados de cada parámetro (DBO₅, DQO, SST, pH, temperatura) están cumpliendo con la resolución 0631 del 2015.

Cuando a una corriente natural de agua superficial le llegan cantidades importantes de agua residual se pueden distinguir diferentes zonas, iniciando con la zona de degradación que es la del lugar del vertido que tiene un aspecto sucio, antiséptico, y a veces maloliente, seguidamente la zona de descomposición activa donde se observa un aspecto más oscuro y putrefacto y por último la zona de recuperación donde el agua va recuperando su aspecto natural. La autodepuración en el Río Arigunicito este caso funciona porque no hay sobrecarga de contaminantes y únicamente sobre materia biodegradable. (García, 2009)

Considerándose que los resultados obtenidos en las estaciones E1 (manjón) no deberían estar cumpliendo con la normativa vigente se procede a realizar un segundo muestreo, tomando también la muestra de agua de la estación E2 (efluente de las lagunas de estabilización) para la

distribución del tanque de almacenamiento del humedal artificial. En la grafica 9 se describen los resultados obtenidos en las diferentes estaciones en los dos periodos (lluvia y seco):

Gráfica 9 Muestras E1 y E2 en periodo seco y de lluvia.



Fuente: Autores, 2022.

Nota: E1 periodo de lluvia (manjól) primera muestra tomada 30 de Agosto, E1 periodo seco (manjól) segunda muestra tomada 19 de Noviembre, E2 periodo de lluvia (efluente) primera muestra tomada 30 de Agosto, E2 periodo seco (efluente) segunda muestra tomada 19 de Noviembre, 2021.

En los resultados se manifiesta que en las primeras muestras tomadas (Agosto) las condiciones atmosféricas demostraban periodo de lluvia, mientras que en las segundas muestras (Noviembre) periodo seco, tal es el caso que en ambas estaciones en periodo de lluvias los parámetros biológico (DBO5, DQO), físicos y químicos (SST, Temperatura, pH) fueron más bajos que en periodo seco, se observa también que la segunda muestra de la estación E1 (manjól) no cumple con los parámetros de la resolución 0631 del 2015 artículo 8 siendo un resultado aceptable por las condiciones de ser un agua residual doméstica y el efluente de las lagunas está cumpliendo en ambos resultados con lo establecido en la normatividad.

Las precipitaciones pluviales (lluvias continuas) provocan efectos significativos en la reducción del tiempo de retención hidráulica donde se puede producir una dilución del contenido de materia orgánica y transporte de material orgánico, minerales, por medio del escurrimiento a



las mismas, lo que permite una disminución de los parámetros (DBO5 y DQO). Por tal efecto la concentración de oxígeno disuelto suele aumentar debido a la demanda adicional de oxígeno. (Gamarra, 2014). En la tabla 24 se expresan los resultados de los parámetros con la resolución 0631 del 2015:

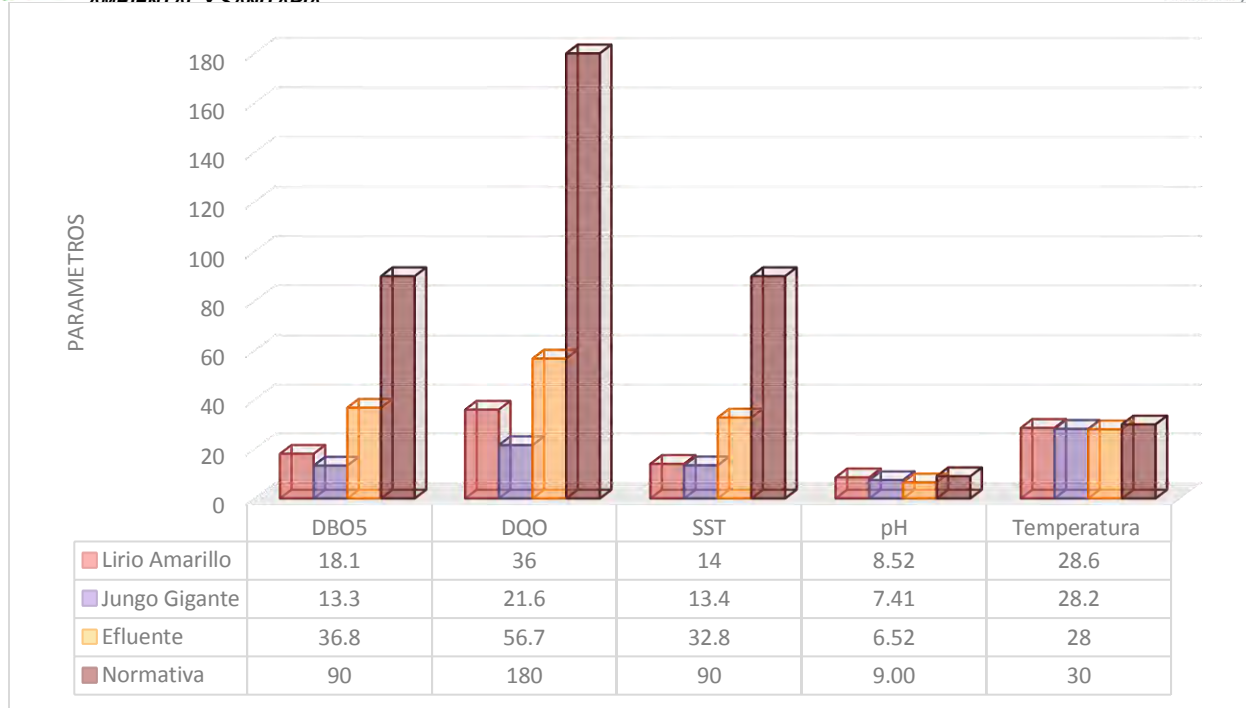
Tabla 24 Comparación de los parámetros con la normativa (Después)

Parámetro	Resultado	Valor admisible según Res 0631/15 Art 8	Observación
Muestra en Blanco			
DBO₅	24,1 mg/díaDBO ₅	90 mg/díaDBO ₅	Cumple
DQO	38,4 mg/LO ₂	180 mg/LO ₂	Cumple
SST	6,80 mg/L	90 mg/L	Cumple
pH	7,14	6-9	Cumple
Temperatura	28,3	30 °C	Cumple
Lirio Amarillo			
DBO₅	18,1 mg/díaDBO ₅	90 mg/díaDBO ₅	Cumple
DQO	36,0 mg/LO ₂	180 mg/LO ₂	Cumple
SST	14,0 mg/L	90 mg/L	Cumple
pH	8,52	6-9	Cumple
Temperatura	28,6	30 °C	Cumple
Junco Gigante			
DBO₅	13,3 Kg/díaDBO ₅	90 mg/díaDBO ₅	Cumple
DQO	21,6 mg/LO ₂	180 mg/LO ₂	Cumple
SST	13,4 mg/L	90 mg/L	Cumple
pH	7,41	6-9	Cumple
Temperatura	28,2	30 °C	Cumple

Fuente: Autores, 2022.

Con los resultados obtenidos en la tabla 24 se procede a realizar la comparación con la resolución 0631 del 2015 tomando los datos de entrada (E2 efluente) y los de salida (humedal artificial con el Lirio Amarillo y Junco Gigante) de cada parámetro:

Gráfica 10 Comparación entrada y salida del humedal de flujo subsuperficial.



Fuente: Autores, 2022.

Como se puede inferir de la tabla 24 y grafica 10, todos los parametros cumplen el limite maximo permiscible de la resolucio 0631 del 2015 en su articulo 8, las plantas Lirio Amarillo y Junco Gigante realizaron remocion de las cargas contaminates del efluente de las lagunas de estabilizacion, siendo el junco gigante el mas eficiente en la remocion de todos los parametros establecidos, en el parametro de DBO5 para el Lirio Amarillo se presento una remocion de mas del 50,8 % y el Junco Gigante de 63,83%, de igual manera en la DQO el Lirio Amarillo presento una remocion del 36,51 % y el Junco Gigante de 61,90%, mientras que los SST el Lirio Amarillo presento remocion del 57,32% y el Junco Gigante de 59,15 %.

Por otra parte el pH en el sistema aumento con respecto al efluente pasando de Acido medio (6,52) a Alcalino medio (7-8), esto esta determinado por la actividad fotosintética de fitoplancton y la degradacion de la materia orgánica por las bacterias, cuanto mayor es la intensidad luminosa los valores de pH son mas altos. Asimismo la velocidad de degradacion aumenta con la temperatura, en lo que concierne a la actividad de las bacterias. (Gamarra, 2014).



7.3. Construcción a escala piloto dos humedales artificiales con flujo subsuperficial.

7.3.1. Toma de recipientes y colocación de los materiales.

Se tomaron los recipientes con medidas conocidas (30x22x19), donde colocamos los siguientes materiales y se realizaron los siguientes cálculos: Borde libre: 0,5 cm, Grava: 5cm, Arena: 5cm, Plantas con el agua: 8,5 cm.

Calculo caudal de operación

Q: caudal

V: volumen del recipiente $\rightarrow 12540 \text{ cm}^3 \rightarrow 0,01254 \text{ m}^3$

t: tiempo $\rightarrow 170 \text{ seg}$

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{0,01254 \text{ m}^3}{170 \text{ seg}}$$

$$Q = 0,00007376 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 0,07376 \text{ l/seg}$$

Calculo del área superficial

As: área superficial

W: ancho

L: Largo

$$As = W * L$$

$$As = 0,22\text{m} * 0,14\text{m}$$

$$As = 0,0308 \text{ m}^2$$

Calculo área trasversal

At: área trasversal

W: ancho

P: profundidad

$$\text{Area trasversal} = W * P$$

$$\text{Area trasversal} = 0,22 \text{ m} * 0,19\text{m}$$

$$\text{Area trasversal} = 0,0418 \text{ m}^2$$

Calculo de la Capacidad del diseño para conducir el flujo a través del humedal:

$$Q = \frac{As * Kt * h * n}{Ln\left(\frac{Co}{C}\right)}$$

Ecuación 8

Donde:

As: área superficial (m²) (0,0308 m²)

Kt: constante de reacción de primer orden. (1,14)

h: altura del humedal. (0,15m)

n: porosidad. (30%)

Co: concentración de DBO inicial. (36,8 mg O₂/l)

C: concentración de DBO final. (29,44 mg O₂/l)

$$Q = \frac{0,0308 \text{ m}^2 * 1,14 * 0,19\text{m} * 0,3}{Ln\left(\frac{36,8 \text{ mg/l}}{29,44 \text{ mg/l}}\right)}$$

$$Q = 0,008969 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 374 \frac{\text{ml}}{\text{hr}}$$

La concentración inicial del humedal es de 36,8 mg O₂/l tomada de las muestras realizadas en el punto del efluente de la laguna de estabilización del 19 de Noviembre 2021, mientras que la concentración final se calculó teniendo en cuenta el porcentaje de eficiencia esperado del sistema, siendo de un 80%, por lo tanto, la concentración final es de 29,44 mg O₂/l.

Calculo de la constante de reaccion de primer orden.

Para el calculo de la constante de reaccion de primer orden se tuvo en cuenta la temperatura media anual del lugar donde estaban ubicados los humedales artificiales, es decir, Pueblo Bello, Cesar, obteniendo como resultado una temperatura media anual de 20,5 °C. (CLIMATE-DATE.ORG, 2021). Se calculo la ecuacion 2.

$$Kt = 1,104 \times 1,06^{T_2-20}$$

T₂: Temperatura media del sitio.

$$Kt = 1,104 \times 1,06^{20,5-20}$$

$$Kt = 1,14$$

Calculo de la porosidad

segun la tabla 25 de caracterizacion del medio poroso se obtiene una porosidad entre 28-32 siendo el tipo de arena gruesa

Tabla 25 Caracterización del medio poroso.

Tipo de Medio	Tamaño efectivo D10 (mm)	Porosidad	Conductividad hidráulica (ks) m ³ / m ² d
Arena gruesa	2	28-32	100-1000
Arena gravosa	8	38-35	500-5000
Grava media	32	36-40	10 000-50 000

Fuente (Silva, 2012)

Cálculo del tiempo de retención hidráulico:

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

$V = \text{volumen (m}^3\text{)} = 0,19 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 0,22 \text{ m} = 0,01254 \text{ m}^3$

$$Q = 0,008969 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$TRH = \frac{0,01254 \text{ m}^3}{0,008969 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}$$

$$TRH = 1,40 \text{ dia} = 33,6 \text{ hr}$$

7.3.2. Realización del montaje del sistema.

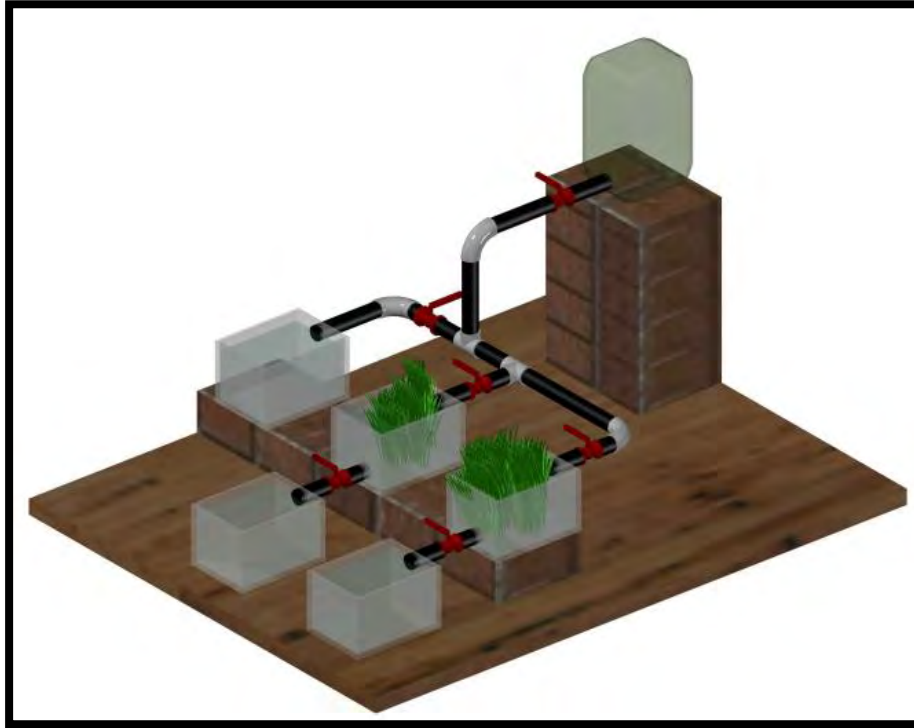
El día 24 de noviembre se realizó la construcción del sistema donde se ubica un tanque de almacenamiento en la parte alta que funciona por gravedad, se realizaron las conexiones con tubos de media pulgada de PVC, llaves de paso, uniones, codos hacia tres recipientes de plásticos (30x22x19) como se muestra en la figura 15, luego se procedió a colocar los materiales del lecho filtrante 0,5 m de arena y 0,5 m de grava, para luego proceder con la siembra de las plantas (Lirio Amarillo y Junco Gigante), dejando un borde libre de 0,5 cm.

Por último se realizó la conexión de las salidas del sistema propuesta como una zona de recepción del efluente (recipiente de plástico) con una salida a la altura máxima de la tasa, para separar los sólidos presentes en el agua resultante. Los humedales están diseñados para mantener



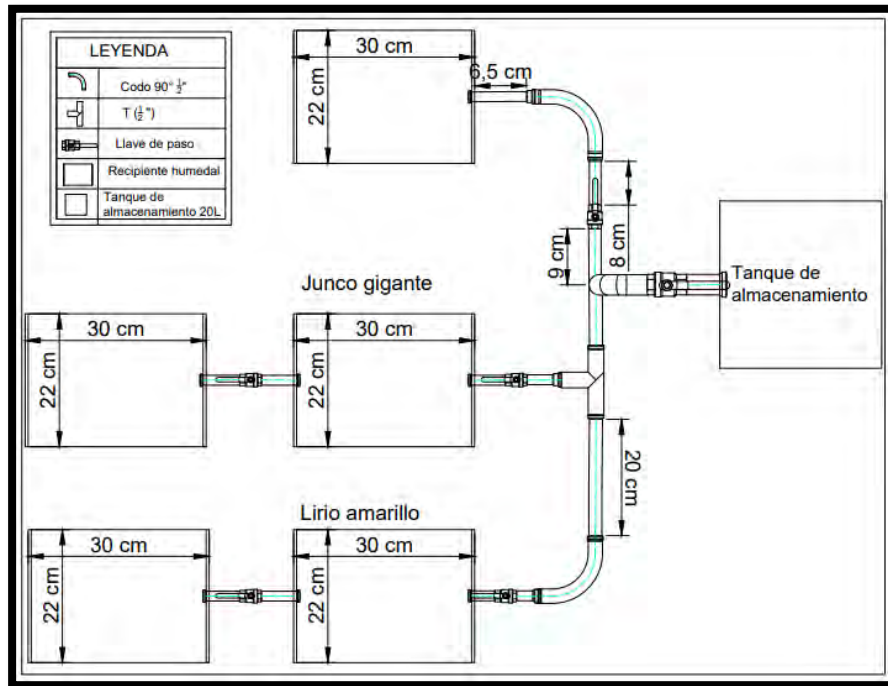
un flujo continuo del caudal es por eso que se dispone a utilizar pimpinas de 20 litros donde se consumen 1 pimpina cada dos días.

Figura 15 Diseño de los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal.



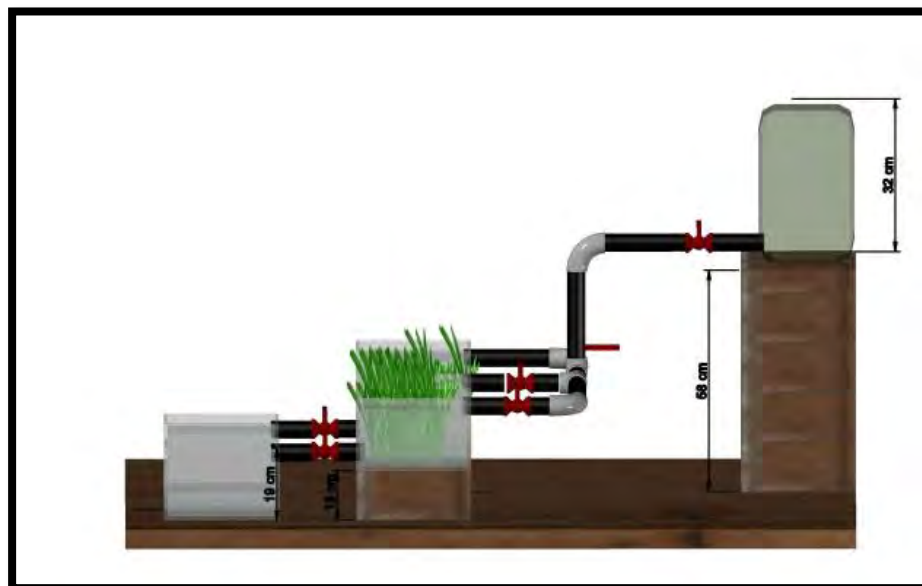
Fuente: Autores, 2022.

Figura 16 Vista superior del diseño de los humedales artificiales.



Fuente: Autores, 2022.

Figura 17 Vista lateral del diseño de los humedales artificiales.



Fuente: Autores, 2022.

En la tabla 26 se determinan cuáles fueron los materiales a utilizar para el diseño de los humedales artificiales:

Tabla 26 Materiales usados para el diseño de los humedales artificiales.

Materiales	Cantidad	Descripción y uso
	8	<p>Válvula de paso ½ pulgada: mecanismo que nos permite regular el caudal del sistema por medio de un orificio central que gira.¹</p>
	2	<p>Tee ½ pulgada: accesorio que determina la dirección del caudal del sistema en la tubería a 180°.¹</p>
	9	<p>Uniones ½ pulgada: accesorio que se usa para unir dos tuberías con rosca o presión.¹</p>
	3	<p>Codo de 90 ° de ½ pulgada: accesorio con dirección de 90° que permite el cambio de dirección del sistema.¹</p>
	1,6 m	<p>Tubería Pvc de ½ pulgada: tubo ranurado de policloruro de vinilo no plastificado (PVC) usado para el transporte del caudal del sistema hacia las diferentes conexiones.¹</p>

	<p>9</p>	<p>Terminal conduit ½ pulgada: utilizado para las conexiones de los recipientes con el tubo pvc de ½ pulgada.¹</p>
	<p>5</p>	<p>Tasa de plástico: recipiente de almacenamiento, contiene la arena, grava, plantas del tratamiento y el agua del sistema.²</p>
	<p>1</p>	<p>Lata de grava gruesa: es utilizado como medio filtrante, contra los sólidos en suspensión presentes en el sistema.³</p>
	<p>1</p>	<p>Lata de arena gruesa: utilizada como medio filtrante, contra los sólidos suspendidos presentes en el sistema.³</p>
	<p>0,20 m</p>	<p>Malla orificios pequeños: Utilizada como barrera que evita el paso de la arena o la grava por medio de las tuberías y llave de paso de caudal del sistema.²</p>

6

Pimpina de 20 litros:

Utilizada para el almacenamiento del agua a utilizar para el sistema.³



Nota: ¹ Pavco (2022). ² Autores (2022). ³ Google fotos (2022).

Figura 18 Construcción del humedal Artificial



Fuente: Autores, 2022.

Figura 19 Montaje del humedal artificial de flujo subsuperficial.



Fuente: Autores, 2022.

7.3.3. Seguimiento de adaptación de las plantas en el humedal artificial.

Se realizó la adaptación de las plantas Lirio Amarillo y Junco Gigante durante un mes antes de la construcción del humedal en recipientes más pequeños que los mencionados, esto con el fin de que las plantas se ajustaran a las condiciones a las que estarían expuestas y así evitar marchitamiento y muerte, aunque durante este tiempo se observaron ambos procesos en la planta

del Junco Gigante. La adaptación nos sirvió para la aparición de la biopelícula “comunidad de microorganismos” siendo esta importante para el proceso de depuración del agua residual.

Figura 20 Adaptación de las plantas



Fuente: Autores, 2022.

Ubicación del follaje de las plantas

Se determinó la cantidad de plantas a utilizar del lirio amarillo y junco gigante con la cantidad de planta que puede entrar en el puño de una mano (2,5 cm) como se muestra en la siguiente ilustración:

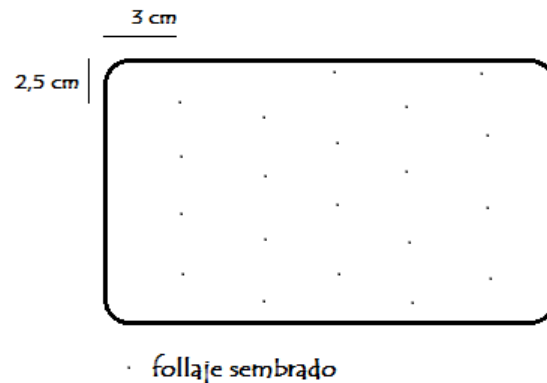
Figura 21 follaje a utilizar de las plantas



Fuente: Autores, 2022.

Sembradas en la siguiente manera dentro del recipiente, el largo es de 30 cm y ancho de 22 cm, se dispone de una separación de cada follaje en el ancho de 2,5 cm y en el largo de 3 cm, para una cantidad de 20 follajes sembrados.

Figura 22 Disposición de siembra de las plantas



· follaje sembrado

Fuente: Autores, 2022.

7.4. Evaluación de la remoción de los dos humedales artificiales utilizando las plantas lirio amarillo (*Iris pseudacorus*) y junco gigante (*Schoenoplectus tabernaemontani*).

7.4.1. Determinación de la eficiencia de los dos sistemas empleados.

A partir de los parámetros establecidos (DBO5, DQO, SST) se determina la eficiencia de los tratamientos estudiados a través de los resultados obtenidos y la siguiente fórmula:

$$E = \frac{(S_0 - S)}{S_0} * 100$$

Donde

E: Eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes (%)

S: Carga contaminante de salida.

S₀: Carga contaminante de entrada.

A continuación se presentan los resultados obtenidos con sus respectivos análisis para determinar la eficiencia del sistema:



DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO. (DBO5)

Lirio Amarillo

$$E_{LA_DBO5} = \frac{(36,8 - 18,1)}{36,8} * 100$$

$$E_{LA_DBO5} = 50,82 \%$$

Junco Gigante

$$E_{JG_DBO5} = \frac{(36,8 - 13,3)}{36,8} * 100$$

$$E_{JG_DBO5} = 63,86 \%$$

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO. (DQO)

Lirio Amarillo

$$E_{LA_DQO} = \frac{(56,7 - 36,0)}{56,7} * 100$$

$$E_{LA_DQO} = 36,51 \%$$

Junco Gigante

$$E_{JG_DQO} = \frac{(56,7 - 21,6)}{56,7} * 100$$

$$E_{JG_DQO} = 61,90 \%$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES. (SST)

Lirio Amarillo

$$E_{LA_SST} = \frac{(32,8 - 14,0)}{32,8} * 100$$

$$E_{LA_SST} = 57,32 \%$$

Junco Gigante

$$E_{JG_SST} = \frac{(32,8 - 13,4)}{32,8} * 100$$

$$E_{JG_SST} = 59,15 \%$$

7.4.2. Comparación de porcentajes de remoción de cada una de las plantas.

Con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio determinamos cual de las dos plantas removio mas parametros en el estudio y comparamos con la resolucio 0631 del 2015:

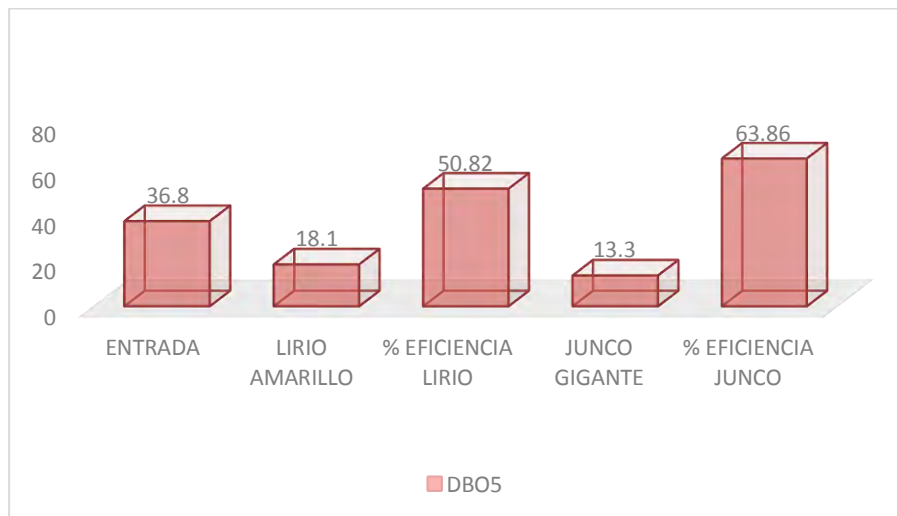
Tabla 27 Porcentaje de remoción Lirio Amarillo y Junco Gigante.

Parámetro	Entrada (Efluente)	Salida	%	Salida	%	Resolución 0631 del 2015	Observación
		Lirio Amarillo	Remoción Lirio Amarillo	Junco Gigante	Remoción Junco Gigante		
DBO5 (mg/díaDBO ₅)	36,8	18,1	50,82	13,3	63,86	90	Cumple
DQO (mg/LO ₂)	56,7	36	36,51	21,6	61,90	180	Cumple
SST (mg/l)	32,8	14	57,32	13,4	59,15	90	Cumple

Fuente: Autores, 2022.

Por otra parte se expresan en las siguientes graficas cada uno de los parámetros estudiados como la DBO5, DQO y SST comparados la eficiencia con los datos de entrada (efluente) y salida de los humedales (Lirio Amarillo y Junco Gigante):

Gráfica 11 Eficiencia de remoción DBO5.

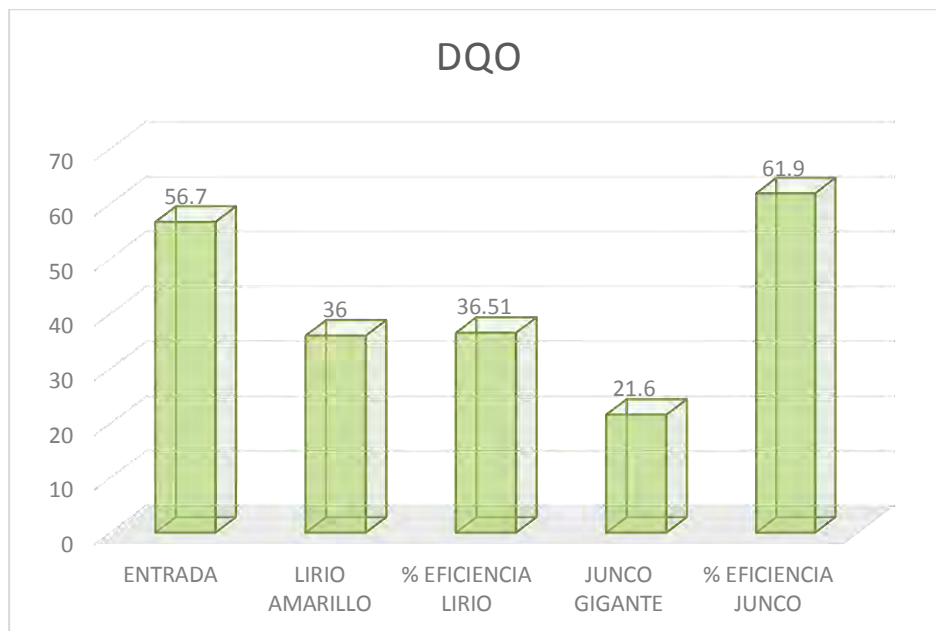


Fuente: Autores, 2022.

Lo anteriormente expuesto nos indica que en la entrada del sistema se presentó una carga de 36 (mg/díaDBO₅) donde en el humedal con el Junco Gigante se dio mayor eficiencia en la remoción del parámetro, presentando una carga de 13,3 (mg/díaDBO₅) para una eficiencia del 63,86%. Mientras que el humedal con el Lirio Amarillo arroja una eficiencia de 50,32%.

En los humedales artificiales la remoción de DBO₅ se da por la absorción de compuestos orgánicos por sedimentación rápida debido al flujo lento del sistema, y por oxidación bacteriana. (Rincón & Millán, 2013).

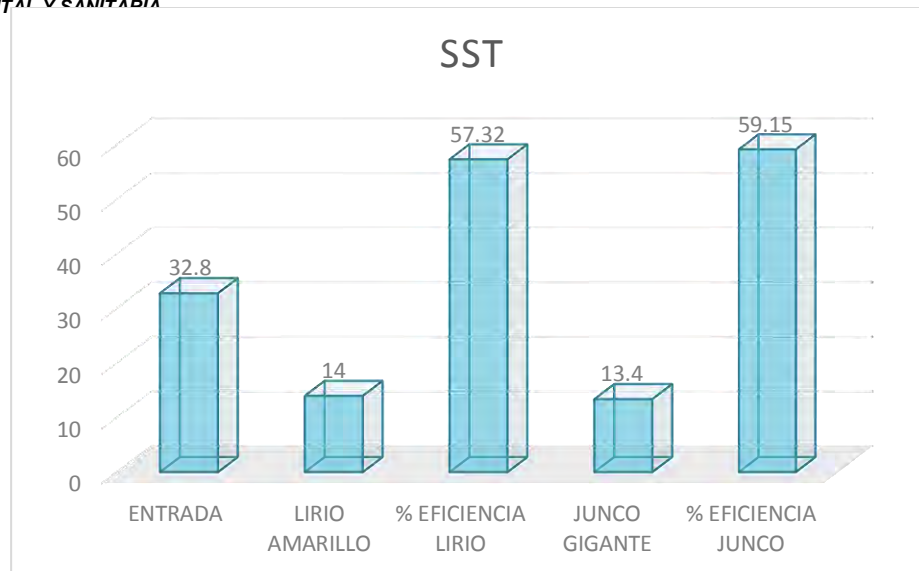
Gráfica 12 Eficiencia de remoción DQO



Fuente: Autores, 2022.

Como resultado en la remoción de la DQO se obtiene una eficiencia del 61,9 % en el humedal del Junco Gigante realizando el doble de remoción con respecto al humedal del Lirio Amarillo que solo obtuvo una eficiencia de 36,51%, esto se debe a que la transformación de la DQO es esencialmente afectada por los microorganismos cuya presencia y actividad es realizada por procesos mediados por las plantas de los humedales. La remoción se debe al tiempo de retención y la acción filtrante del sustrato, asimismo al metabolismo de los microorganismos que utilizan los compuestos orgánicos para la producción de biomasa, además del aporte del oxígeno por las raíces de las plantas. (Rincón & Millán, 2013).

Gráfica 13 Eficiencia de remoción SST



Fuente: Autores, 2022.

Según la gráfica 13 los sólidos suspendidos totales (SST) del sistema presentan más de un 50% de eficiencia, sin embargo el humedal con el Junco Gigante presentó una mayor remoción pasando de 32,8 mg/l a 13,4 mg/l (59,15%) mientras que el humedal con el Lirio Amarillo pasó de 32,8 mg/l a 14 mg/l (57,32%).

Esto se debe a que los sólidos suspendidos son removidos por sedimentación y filtración, cuyos procesos son físicos y también contribuyen a la eliminación de otros contaminantes presentes en el agua residual. Ahora bien la grava tiene la habilidad de mejorar la calidad del efluente mediante la fijación de sólidos suspendidos y la formación de biopelículas bacterianas. (Rincón & Millán, 2013).

En síntesis las dos plantas en estudio realizaron remoción de los contaminantes provenientes del efluente de las lagunas de estabilización, siendo el Junco Gigante (*Schoenoplectus tabernaemontani*) el más eficiente con un resultado del 61,9% en DQO, 63,83% en DBO5 y del 59,15% en SST, mientras que el Lirio Amarillo (*Iris pseudacorus*) obtuvo los siguientes resultados de un 36,51% en DQO, 50,82% en DBO5 y 57,32% en SST.

La eficiencia del tratamiento de los humedales en la parte de la vegetación se debe a: Las raíces y rizomas que proporcionan una superficie adecuada para el crecimiento de la biopelícula “comunidad de microorganismos”. La biopelícula crece adherida a las partes subterráneas de las plantas y sobre el medio granular. Alrededor de las raíces se crean microambientes aeróbicos



donde tienen lugar procesos microbianos que usan el oxígeno, como la degradación aeróbica de la materia orgánica y la nitrificación (García & Corzo, 2008).



CONCLUSIONES

Gracias al diseño y construcción a escala piloto de dos humedales artificiales de flujo subsuperficial se demostró la capacidad depuradora de las plantas Lirio Amarillo (*Iris pseudacorus*) y Junco Gigante (*Schoenoplectus tabernaemontani*), para determinar la eficiencia y remoción de contaminantes en el agua residual proveniente de las lagunas de estabilización del municipio de Pueblo Bello, Cesar.

Al finalizar la investigación, se puede concluir lo siguiente:

Se determinó por medio de encuestas realizadas en el área de estudio (“Villa Marina y Lomita Blanca”) en la parte socioeconómica que la mayoría de la población son familias vulnerables y numerosas, su nivel de estudio mayor alcanzado es hasta la educación secundaria, su ocupación abarca desde ama de casa hasta oficios varios.

En la parte socioambiental las comunidades se encuentran afectadas por la presencia del sistema de tratamiento de aguas residuales debido a que se encuentra a una distancia menor que la establecida en la resolución 0330 del 2017, donde se han observado especies dentro y fuera de las lagunas de estabilización como tortugas, reptiles, aves, reptiles carnívoros. Además de la presencia de malos olores en horarios entre 6:00 pm a 6:00 am, la proliferación de vectores, roedores y anfibios.

En la comparación de los parámetros físicos, químicos (SST, pH y Temperatura) y biológicos (DBO5, DQO) se determinó que en las estaciones E2 (efluente de las lagunas de estabilización), E3 (100 metros arriba del efluente) E4 (100 metros abajo del efluente) cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por la resolución 0631 del 2015 debido a que el caudal de entrada del sistema es mucho menor al área de ocupación de las lagunas de estabilización, a excepción de la estación E1 del Manjol.

Finalmente en la valoración de la eficiencia de los dos sistema de humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, se determinó que ambos sistemas empleados realizaron depuración del agua residual, donde el sistema empleado con la planta de Junco Gigante (*Schoenoplectus tabernaemontani*) fue el más eficiente con respecto al el Lirio Amarillo (*Iris pseudacorus*) en la remoción de los parámetros establecidos (DBO5, DQO y SST) en el agua residual de las lagunas de estabilización.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el sistema lagunar actual debe ser retirado ya que no cumple con lo establecido en la resolución 0330 /2017 en su artículo 183 Distancias mínimas para localización de sistemas de tratamiento de aguas residuales centralizados.
- Se sugiere que en municipio actualice o ponga en funcionamiento el plan de saneamiento y manejo de vertimientos en vigencia.
- Se recomienda que los sistemas de tratamiento de aguas residuales con humedales subsuperficial de flujo horizontal deben ser ubicado dependiendo a las característica de contaminación del agua residual como un sistema secundario o terciario para reducir la carga contaminante vertida a la fuente.
- La elección de las especies para implementar en el humedal deben ser colonizadoras activas con gran capacidad de adaptación a partir de sus rizomas, y que posean una cantidad considerable de biomasa para obtener una mayor absorción.
- Se recomienda que para la construcción de este tipo de humedales se tengan las especies seleccionadas adaptadas en recipientes diferentes a los del humedal por si es necesario reemplazarlas durante el proceso de ejecución.
- Se sugiere que la empresa prestadora del servicio público emplee un sistema de monitoreo para no verse afectado los resultados en tiempos de lluvia y seco.
- Por último es importante que la corporación Autónoma regional (Corpocesar), tengan en cuenta estos estudios y los pongan al servicio del seguimiento y evaluación de los sistemas de tratamientos de aguas residuales para que se cumpla con la normatividad vigente de vertimientos puntuales.



BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Biblioteca Edu.Pe. (s.f.). *Operacion Y mantenimiento de lagunas de estabilizacion* .

Aguas del Cesar. (2016). *Plan Ambiental del PAP-PDA del departamento del Cesar*.
Valledupar.

Aguas residuales . (30 de Enero de 2015). *Aguas residuales* . Obtenido de
<https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/humedales-artificiales-como-sistemas-naturales-de-depuracion-de-aguas-residuales-conceptos-e-historia>

Alarcon, M., Surita, F., Lara, J., & Vidal, G. (2018). *Humedales de tratamiento: Alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicables en Ameri Latina*. Bogota.

Alcaldia de Pueblo Bello. (2020). *Actualización plan de saneamiento y manejo de vertimiento PSMV - Cabecera urbana municipio de Pueblo Bello, Cesar y corregimiento de Nuevo Colon- 2020-2030*. Pueblo Bello.

Andrade, R. &. (2014). Humedales artificiales; una propuesta para la mitigacion de la contaminacion hidrica de la quebrada la Nutria, de los cerros orientales de Bogota D.C.

Arce, A. (2018). *Humedales artificiales: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales* . Bogota .

Astete, A., & Muñoz, M. (2016). *Tipos de investigacion* .

Azul, P. (01 de Mayo de 2017). *Comunidad Planeta azul* . Obtenido de
<https://comunidadplanetaazul.com/el-cauce-y-el-lecho-de-los-rios/>

Bello, A. d. (12 de Abril de 2018). *Alcaldia de Pueblo Bello*. Obtenido de
<http://www.pueblobello-cesar.gov.co/>



Bernal, J. (2014). Diseño de una unidad de humedales artificiales de flujo subsuperficial para tratamiento de aguas residuales. 79.

Cabello, I. E. (2000). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la zona del Huajuco, mediante el sistema de filtro percolador y contacto de solidos* . Monterrey.

Camacho, C., & M., D. (2017). *Evaluacion de la capacidad depuradora de dos humedales artificiales con medio filtrante de carbo activado para el efluente de la PTAR salguero*. Valledupar

Camacho, H., & Diaz, L. (2017). *Evaluacion de la capacidad depuradora de dos humedales artificiales con medios filtrantes de carbón activado para el afluente de la PTAR salguero* . Valledupar.

Cardona, P. A. (2018). *Humedales Artificiales: Una Alternativa Para el tratamiento De Aguas De Produccion*. Bogota.

Cardona, P., & Arce, A. (2018). *Humedales Artificiales: Una Alternativa Para el tratamiento De Aguas De Produccion*. Bogota.

CIEMA. (2015). *Tecnologia sostenible para el tratamiento de las aguas residuales*. Nicaragua.

CLIMATE-DATE.ORG. (15 de 09 de 2021). *CLIMATE-DATE.ORG*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/cesar/pueblo-bello-45829/>

Contreras, J. J. (2010). Historieta de Pueblo Bello. *Iniciativa pedagógica*, 128.

Cordoba, E. (2017). Pueblo Bello en la Sierra Nevada.



(26 de Febrero de 2014). *Por medio de la cual se impone una sancion contra el municipio de Pueblo Bello- Cesar, dentro del proceso sancionatorio ambiental.* Valledupar.

Delgadillo, O. (2010). *Depuracion de aguas residuales por medio de humedals artificiales.* Bolivia.

Espigares. (2015). *aguas residuales .*

FERRER, J. (2 de junio de 2012). *Entradas (Atom).* Obtenido de <http://metodologia02.blogspot.com/p/operacionalizacion-de-variables.html>

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (s.f). *Lagunas de oxidación y los fatoes que las afectan.* Obtenido de <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/lagunas-de-oxidacion-y-los-factores-que-las-afectan/#Precipitacion>

Fundacion Universidad de Coruña. (Abril de 2013). *ScienceDirect.* Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1405774313722388>

Gamarra, J. (2014). *Tratamiento de Aguas residuales en Pequeñas Comunidades.* Obtenido de https://www.academia.edu/9474104/Tratamiento_de_Aguas_residuales_en_Peque%C3%B1as_Comunidades

García, J., & Corzo, A. (2008). *Depuración con humedales construidos.*

Gikas, T. y. (2011). *Revision tecnologica de humedales artificiales flujo subsuperficial construido para aguas grises y tratamiento de aguas residuales domesticas . Peru .*

Ingenierias, I. y. (2013). *Humedal de flujo vertical para tratamiento terciario del efluente físico-químico de una estación depuradora de aguas residuales domésticas.*



- Jauregui, C., Ramirez, S., Espinosa, M., Tovar, R., Quintero, B., & Rodriguez, I. (2017). Impacto de la descarga de agua residuales en Ila calida del río Mololoa (Nayarit, Mexico) y propuestas de solución. *Revista latinoamericana de recursos naturales* , 73.
- Jhon, P. (14 de Junio de 2018). Reseña historica del Municipio de Pueblo Bello, Cesar. (C. Alcaldia de Pueblo Bello, Entrevistador)
- Jiménez, A. A. (2012). *Determinacion de los parametros fisico-quimicos de la calidad de las aguas* . Madrid.
- Kadlec, R., & Knight, R. (1996). *Treatment Wetlands*.
- Lopez, E. P. (2009). *Selección de plantas acuáticas para establecer humedales en el estado de Durango*. Chihuahua.
- Maps, G. (24 de Abril de 2020). *Google maps*. Obtenido de maps.google.com
- Martinez, D. L. (2011). *Caracterizacion microbiologica del agua residual* .
- Mendez, C., & Dueñas, J. (03 de Septiembre de 2018). *Ingeniria Hidraulica y ambiental*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v39n3/1680-0338-riha-39-03-97.pdf>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial . (2015). *Sierra Nevada de Santa Marta, Zona de Reserva forestal*. Bogota .
- Ministerio de Industria y Comercio. (2015). *Guia turistica del Cesar, Colombia*. 100.
- Moreno, A. F. (2015). *Evaluación de un Humedal artificial de flujo superficial empleando*. Bogota.



Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos. (2017). *Aguas residuales, el recurso desaprovechado*. Paris.

Neira, L., & Perez, E. (2016). Temperatura y calor. Conceptos básicos en los textos de física de la educación media general. *Revista Arje*, 41-54.

Noguera & Olivero, 2. (2010). Evaluación del desempeño de humedales construidos con plantas nativas tropicales para el tratamiento de lixiviado de rellenos sanitarios. 3.

Nuevo, D. (14 de Mayo de 2020). *TECPA*. Obtenido de <https://www.tecpa.es/humedales-artificiales-en-depuracion-de-agua-residual/>

Núñez, C., & C, S. (2015). *Evaluación de eficiencia de tapas plásticas como lecho en humedal de flujo subsuperficial para aguas residuales con baja carga orgánica*. Valledupar .

Perez, E. &. (1986). *aguas residuales*. Granada.

Rincón, J., & Millán, N. (2013). *EVALUACIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD LIBRE*. Bogotá.

Salazar, D. (2015). *Estudio de impacto ambiental generados por provenientes de un establecimiento penitenciario de orden nacional al recurso hídrico. "Estudio de caso"*.

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación* .

Sanabria. (2017). *Humedal, alternativa innovadora de bajo costo*. Bioorganic & Medicinal Chemistry.

Silva, J. P. (2012). *humedales construidos*. Valle del Cauca.



Suarez, A., Fernandez, C., & Mendoza, C. (2015). *Evaluacion de los filtros planteados de flujo subsuperficial horizontal como post tratamiento de las aguas residuales municipales en la ciudad de Valledupar* . Valledupar.

Tapia, J. C. (2018). El nuevo régimen de vertimiento de aguas residuales tratadas en el Perú. *SERVINDI*.

Ucha, F. (2013). Definición de Afluente.

Villa, J. D. (16 de Mayo de 2019). *El mundo.com*. Obtenido de <https://www.elmundo.com/noticia/Efluente-y-afluenteY-errores-de-un-tuit/376593>

Wikipedia, F. (16 de Agosto de 2020). *Wikipedia* . Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Pueblo_Bello.

Zita, A. (18 de Noviembre de 2019). *Toda materia*. Obtenido de <https://www.todamateria.com/ph/>

Zurita, K. y. (2009).



ANEXOS

ANEXOS A. ENCUESTAS DE CARACTERIZACION AREA DE ESTUDIO

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA	ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA
<p>No encuesta 04</p> <p>Nombre del encuestador: Nombre del encuestado: <u>Genny Lozano</u> Edad: <u>46 años</u> Sexo: <u>Femenino</u></p> <p>PREGUNTAS</p> <p>1. Estrato socioeconómico <u>1 X 2 3</u> 2. ¿Cuántas personas viven en la casa? <u>3</u> 3. Nivel de estudio Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___ Secundaria completa ___ Técnico <u>X</u> Tecnólogo ___ Profesional ___</p> <p>4. ¿a qué se dedica? <u>Ama de casa</u> 5. ¿Cuántos baños hay en su hogar? <u>1</u> 6. ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? <u>3</u> 7. ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización? Si ___ No <u>X</u> No sabe ___</p> <p>8. ¿Qué animales ha visto por la zona? <u>Batalla Galapagos, mosquitos</u> 9. ¿Qué tipo de olor percibe? <u>Puétardo</u> 10. ¿A qué hora se intensifica el olor? <u>Noche</u> 11. ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? <u>Bolea mal olor, se desbarban, aumentan mosquitos</u> 12. ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? <u>Nunca</u> 13. ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? <u>El olor, mosquitos, (verdures)</u> 14. ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? <u>SI</u> ¿Cuales? <u>mosquitos</u></p>	<p>No encuesta 02</p> <p>Nombre del encuestador: Nombre del encuestado: <u>Zwaida Mesa</u> Edad: <u>39 años</u> Sexo: <u>F</u></p> <p>PREGUNTAS</p> <p>1. Estrato socioeconómico <u>1 X 2 3</u> 2. ¿Cuántas personas viven en la casa? <u>5</u> 3. Nivel de estudio Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta <u>X</u> Secundaria completa ___ Técnico ___ Tecnólogo ___ Profesional ___</p> <p>4. ¿a qué se dedica? <u>Ama de casa</u> 5. ¿Cuántos baños hay en su hogar? <u>4</u> 6. ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? <u>2</u> 7. ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización? Si ___ No <u>X</u> No sabe ___</p> <p>8. ¿Qué animales ha visto por la zona? <u>Batalla Galapagos, culebras</u> 9. ¿Qué tipo de olor percibe? <u>Algunos Puétardo</u> 10. ¿A qué hora se intensifica el olor? <u>Noche, llueve</u> 11. ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? <u>Rebosa</u> 12. ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? <u>Nunca</u> 13. ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? <u>Respiratoria (comida), mosquitos</u> 14. ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? <u>SI</u> ¿Cuales? <u>labores mosquito</u></p>
<p>No encuesta 03</p> <p>Nombre del encuestador: Nombre del encuestado: <u>Vicente Amela</u> Edad: <u>90 años</u> Sexo: <u>M</u></p> <p>PREGUNTAS</p> <p>1. Estrato socioeconómico <u>1 X 2 3</u> 2. ¿Cuántas personas viven en la casa? <u>2</u> 3. Nivel de estudio Primaria incompleta ___ primaria completa <u>X</u> Secundaria incompleta ___ Secundaria completa ___ Técnico <u>X</u> Tecnólogo ___ Profesional ___</p> <p>4. ¿a qué se dedica? <u>Comerciante</u> 5. ¿Cuántos baños hay en su hogar? <u>1</u> 6. ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? <u>2</u> 7. ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización? Si ___ No <u>X</u> No sabe ___</p> <p>8. ¿Qué animales ha visto por la zona? <u>Batalla, mosquitos, moicaf, Gallinazos</u> 9. ¿Qué tipo de olor percibe? <u>matina fical</u> 10. ¿A qué hora se intensifica el olor? <u>noche - tarde 5:00 - 6:00 AM</u> 11. ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? <u>calma olor animales, huyen agua</u> 12. ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? <u>Nunca</u> 13. ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? <u>Salud + Respiratoria</u> 14. ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? <u>SI</u> ¿Cuales? _____</p>	<p>No encuesta 09</p> <p>Nombre del encuestador: Nombre del encuestado: <u>Angie Delgado Fonseca</u> Edad: <u>2A años</u> Sexo: <u>F</u></p> <p>PREGUNTAS</p> <p>1. Estrato socioeconómico <u>1 X 2 3</u> 2. ¿Cuántas personas viven en la casa? <u>3</u> 3. Nivel de estudio Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___ Secundaria completa ___ Técnico <u>X</u> Tecnólogo ___ Profesional ___</p> <p>4. ¿a qué se dedica? <u>Ama de casa</u> 5. ¿Cuántos baños hay en su hogar? <u>1</u> 6. ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? <u>2</u> 7. ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización? Si ___ No <u>X</u> No sabe ___</p> <p>8. ¿Qué animales ha visto por la zona? <u>Ninguno</u> 9. ¿Qué tipo de olor percibe? <u>Puétardo - Matina fical</u> 10. ¿A qué hora se intensifica el olor? <u>6:30 tarde</u> 11. ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? <u>Rebosa</u> 12. ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? <u>Nunca</u> 13. ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? <u>En la salud</u> 14. ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? <u>SI</u> ¿Cuales? <u>mosquitos, roscas</u></p>



ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: _____ No encuesta 05

Nombre del encuestado: Karen Jimenez

Edad: 25 años

Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 3
- Nivel de estudio

Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa X Técnica ___ Tecnólogo ___ Profesional ___

- ¿A qué se dedica? Independiente
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 1
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si ___ No X No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? Daballas, mosquitos (tiempo-temporada)
- ¿Qué tipo de olor percibe? Mal olor
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 6:00 tarde
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? No sabe
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca - No sabe
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Mal olor - incomoda
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si. ¿Cuales? Mosquitos

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: _____ No encuesta 06

Nombre del encuestado: Juan Leon Duarte

Edad: 48 años

Sexo: M

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 6
- Nivel de estudio

Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa X Técnica ___ Tecnólogo ___ Profesional ___

- ¿A qué se dedica? Estudia
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 2
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 3
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si ___ No X No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? Daballas
- ¿Qué tipo de olor percibe? Mal olor Fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? tarde - Sol caliente, brisa
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? No ha sido grado
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Hedor ambiente f. Respiración
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si. ¿Cuales? Mosquito mosca

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: _____ No encuesta 07

Nombre del encuestado: Senker Rangel

Edad: 26 años

Sexo: M

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 3
- Nivel de estudio

Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa ___ Técnica ___ Tecnólogo ___ Profesional X

- ¿A qué se dedica? Comerciante
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 2
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 3
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? vacas, caballos, alpacas, daballas
- ¿Qué tipo de olor percibe? Desecho, Pútrido
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 6:00 Am - 6:00 Pm
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Intensiva de mala agua
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? No - si llueve mas 5 años
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Mal de vista, olor, Respiración
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si. ¿Cuales? Tiranidos

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: _____ No encuesta 08

Nombre del encuestado: Ornela Avila

Edad: 55 años

Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 2
- Nivel de estudio

Primaria incompleta X primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa ___ Técnica ___ Tecnólogo ___ Profesional ___

- ¿A qué se dedica? Ama de casa
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si ___ No X No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? Daballas
- ¿Qué tipo de olor percibe? Pútrido, mal olor Fecal, Zurrón, animales muertos
- ¿A qué hora se intensifica el olor? mañana - tarde
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? _____
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Olor, gaba, Sanido (intermedios Respiración)
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si. ¿Cuales? mosquitos



ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 09

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Miguel Angel Bedoya
Edad: 71
Sexo: M

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿cuantas personas viven en la casa? 2
- Nivel de estudio

Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa X Técnica ___ Tecnólogo ___ Profesional ___

- ¿a qué se dedica? _____
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? baulas, gallinatos
- ¿Qué tipo de olor percibe? olor putrefacto, materia fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? tarde, tipo 5 pm y 6 am
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? más fuerte el olor

- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? hace como 3 años
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Afectación a la Salud

14. ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si. ¿Cuales? Saneados, moscas.

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 10

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Borey Peña
Edad: 24 años
Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿cuantas personas viven en la casa? 5
- Nivel de estudio

Primaria incompleta ___ primaria completa X Secundaria incompleta ___
Secundaria completa ___ Técnica ___ Tecnólogo ___ Profesional ___

- ¿a qué se dedica? comerciante
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si ___ No X No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? Gobiaguas
- ¿Qué tipo de olor percibe? materia fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? mañana, noche
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? No ha ush

- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Afectación a la Salud

14. ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si. ¿Cuales? Saneados.

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 11

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Leneida Jimenez
Edad: 45 años
Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿cuantas personas viven en la casa? 5
- Nivel de estudio

Primaria incompleta ___ primaria completa X Secundaria incompleta ___
Secundaria completa ___ Técnica ___ Tecnólogo ___ Profesional ___

- ¿a qué se dedica? Ama de casa
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? baballa
- ¿Qué tipo de olor percibe? Materia fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 6:00 tarde
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? El olor

- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? En la Salud y olores

14. ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si. ¿Cuales? Saneados

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 12

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Ornelinda Rangel
Edad: 48 años
Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿cuantas personas viven en la casa? 4
- Nivel de estudio

Primaria incompleta X primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa ___ Técnica ___ Tecnólogo ___ Profesional ___

- ¿a qué se dedica? Ama de casa
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? baballa
- ¿Qué tipo de olor percibe? _____
- ¿A qué hora se intensifica el olor? _____
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? _____

- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? _____
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? _____

14. ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? ___ ¿Cuales? _____



ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: _____ No encuesta 13

Nombre del encuestado: Maidy Rodríguez

Edad: 28

Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico IX 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 5
- Nivel de estudio

Primaria incompleta ___ primaria completa Secundaria incompleta ___
Secundaria completa ___ Técnico ___ Tecnólogo ___ Profesional ___

- ¿a qué se dedica? Ama de Casa
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? babillas, culebras
- ¿Qué tipo de olor percibe? matena fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 5-6 pm, madrugada
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Rebosan
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Casi nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? a los niños, a la salud
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? No ¿Cuales? _____

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: _____ No encuesta 14

Nombre del encuestado: Yaneth Pérez

Edad: 43

Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico IX 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 6
- Nivel de estudio

Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa ___ Técnico Tecnólogo ___ Profesional ___

- ¿a qué se dedica? comerciante
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? babillas, culebras, Galapagos, chulos
- ¿Qué tipo de olor percibe? matena fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? en la noche, madrugada
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? reboza
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? No le hacen mantenimiento
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Afectación en la salud (a los niños en particular) Bichos, los toxa encerrarlos en las casas, afecta el fúnsmo
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? moscas, Sarcoptes

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: _____ No encuesta 15

Nombre del encuestado: Roselis Hega

Edad: 40 años

Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico IX 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 2
- Nivel de estudio

Primaria incompleta ___ primaria completa Secundaria incompleta ___
Secundaria completa ___ Técnico ___ Tecnólogo ___ Profesional ___

- ¿a qué se dedica? Independiente
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 2
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 4
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? galapagos, babillas, chulos
- ¿Qué tipo de olor percibe? matena fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? Madrugada
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? _____
Señala más el olor
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Salud
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? Sarcoptes, moscas

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: _____ No encuesta 16

Nombre del encuestado: Andrea Romero

Edad: 19 años

Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico IX 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 6
- Nivel de estudio

Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa ___ Técnico Tecnólogo ___ Profesional ___

- ¿a qué se dedica? Estudiante
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 2
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 4
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si ___ No No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? babillas
- ¿Qué tipo de olor percibe? Matena fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? entre 7-8
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Rebosan
Incrementa el olor
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Salud Ambiental
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? moscas, etc



ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: No encuesta 17

Nombre del encuestado: Ambal Vargas

Edad: 58 años

Sexo: M

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 3
- Nivel de estudio

Primaria incompleta X primaria completa Secundaria incompleta
Secundaria completa Técnico Tecnólogo Profesional

- ¿a qué se dedica? Comerciante
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 3
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 5
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si No X No sabe
- ¿Qué animales ha visto por la zona? babillas galapagos chulos
- ¿Qué tipo de olor percibe? Materia fecal carne podrida
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 5 tarde en ambiente
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Pobos a
infiltrar agua
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca 3 años
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Salud, proliferación mosquitos
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? mosquitos

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: No encuesta 18

Nombre del encuestado: Ivory Vargas

Edad: 35 años

Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 5
- Nivel de estudio

Primaria incompleta primaria completa Secundaria incompleta
Secundaria completa Técnico Tecnólogo Profesional X

- ¿a qué se dedica? Docente
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 2
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 3
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No No sabe
- ¿Qué animales ha visto por la zona? galapagos, babillas, chulos
- ¿Qué tipo de olor percibe? Materia fecal, agua
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 6 tarde
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Pobos
3 a
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Salud, social, ambiental, niños
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? mosquitos

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: No encuesta 19

Nombre del encuestado: Maria Villalba

Edad: 22 años

Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 10
- Nivel de estudio

Primaria incompleta primaria completa Secundaria incompleta
Secundaria completa X Técnico Tecnólogo Profesional

- ¿a qué se dedica? Ama de casa
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 3
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No No sabe
- ¿Qué animales ha visto por la zona? babillas, galapagos, carpinteros, chulos, coloms
- ¿Qué tipo de olor percibe? Materia fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? tarde
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Pobos
infiltrar mas agua
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca 6 años
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Contaminación aire, Salud, mala ganancia
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? mosquitos

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

Nombre del encuestador: No encuesta 20

Nombre del encuestado: Carmen Elisa Mestre

Edad: 59

Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 3
- Nivel de estudio

Primaria incompleta primaria completa Secundaria incompleta
Secundaria completa X Técnico Tecnólogo Profesional

- ¿a qué se dedica? Oficina Varas
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 1
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No No sabe
- ¿Qué animales ha visto por la zona? Galapaga
- ¿Qué tipo de olor percibe? Materia fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 6 pm - 5am
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? No Sabe
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Enfermedades respiratorias
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? Cucarachas



ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 24

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Luisa Fernanda Delgado Gomez
Edad: 26 años
Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 3
- Nivel de estudio
Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa ___ Técnico X Tecnólogo ___ Profesional ___
- ¿A qué se dedica? Ama de casa
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 2
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 3
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? babillas, galapagos, chulos
- ¿Qué tipo de olor percibe? Materia fecal, maloliente
- ¿A qué hora se intensifica el olor? toda
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Rebosa
visitas a dar
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Muy poco
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Salud Afecteda
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? si ¿Cuales? mosquitos

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 22

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Seider Quintana
Edad: 24 años
Sexo: M

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 2
- Nivel de estudio
Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta X
Secundaria completa ___ Técnico ___ Tecnólogo ___ Profesional ___
- ¿A qué se dedica? Tecnólogo
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si ___ No X No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? babilla galapagal
- ¿Qué tipo de olor percibe? Materia fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? Noche 6-9
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Rebosa
Sienta mas el olor
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Embarazada respiracion
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? si ¿Cuales? Mosquitos

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 23

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Diana Burbules
Edad: 29
Sexo: M

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 3
- Nivel de estudio
Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa X Técnico ___ Tecnólogo ___ Profesional ___
- ¿A qué se dedica? transporte
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? icolas, babilla, culebra
- ¿Qué tipo de olor percibe? materia fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? Noche, mañana
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? _____
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? A la Salud
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? moscas, Sanudo, ratos

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 24

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Andrey Ruiz
Edad: 39
Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 3
- Nivel de estudio
Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa ___ Técnico X Tecnólogo ___ Profesional ___
- ¿A qué se dedica? Aut enfermeria, modista
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? Babilla, culebra, tarantula, Sanudo, chulo
- ¿Qué tipo de olor percibe? materia fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 6-7 am, 6-8 pm
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Rebosa
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Hepatitis A, enfermedad - Salud
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? Sanudo, moscas



ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 25

Nombre del encuestador:
Nombre del encuestado: William Sahez
Edad: 55 años
Sexo: M

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 x 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 2
- Nivel de estudio
Primaria incompleta primaria completa Secundaria incompleta
Secundaria completa Técnico Tecnólogo Profesional
- ¿A qué se dedica? Independiente
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 1
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si No No sabe
- ¿Qué animales ha visto por la zona? Guano, babilla,
- ¿Qué tipo de olor percibe? Materia fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 6 tarde
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve?
Rebosan, suena mal olor, siente olor lagunas
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Nunca
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? mariposa grande mosca (Hago)

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 26

Nombre del encuestador:
Nombre del encuestado: Sadiel Cumband
Edad: 44
Sexo: M

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 x 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 3
- Nivel de estudio
Primaria incompleta primaria completa Secundaria incompleta
Secundaria completa Técnico Tecnólogo Profesional
- ¿A qué se dedica? Oficio Varos
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si No No sabe
- ¿Qué animales ha visto por la zona? Babillos, Galaxaguis
- ¿Qué tipo de olor percibe? materia fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 6 am - 7 pm
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Rebosan
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? hace 4 años no ve a nadie
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Enfermedades, Brotes
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? Saracitas

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 27

Nombre del encuestador:
Nombre del encuestado: Nancy Garcia
Edad: 32
Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 x 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 5
- Nivel de estudio
Primaria incompleta primaria completa Secundaria incompleta
Secundaria completa Técnico Tecnólogo Profesional
- ¿A qué se dedica? Ama de Casa
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 3
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si No No sabe
- ¿Qué animales ha visto por la zona? Babillos, Sapos, Colebrillas, Saracitas
- ¿Qué tipo de olor percibe? Materia Fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 6 pm, 6 am
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Rebosan Huele mal
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Para la Salud - Enfermedades
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? Saracitas, mosca

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 28

Nombre del encuestador:
Nombre del encuestado: Yadis Ester Garcia
Edad: 51 años
Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 x 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 4
- Nivel de estudio
Primaria incompleta primaria completa Secundaria incompleta
Secundaria completa Técnico Tecnólogo Profesional
- ¿A qué se dedica? Independiente
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si No No sabe
- ¿Qué animales ha visto por la zona? babillos, chidos, galaxaguis
- ¿Qué tipo de olor percibe? Materia Fecal, mal olor
- ¿A qué hora se intensifica el olor? tarde 6
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve?
Suena mal olor, Rebosan
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? hace 2 veces en 3 años
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Ambiente, mal olor, Salud, infecciones Respiratorias
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? Si ¿Cuales? maripositas



ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 28

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Yadis Ester Garcia
Edad: 31 años
Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 4
- Nivel de estudio
Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa X Técnico ___ Tecnólogo ___ Profesional ___
- ¿a qué se dedica? Indicador
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si ___ No X No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? batallas, chiblos, galapagos
- ¿Qué tipo de olor percibe? Malena fecal, verde
- ¿A qué hora se intensifica el olor? tarde e
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve?
Siente mas olor, Rebosa
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? lunado 2 veces en 3 meses
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Ambiente, vuol dar, salud, Interacción Respiratoria
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? si ¿Cuales? mosquitos

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 29

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Jose alejandro Medina
Edad: 20 años
Sexo: M

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 3
- Nivel de estudio
Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa X Técnico ___ Tecnólogo ___ Profesional ___
- ¿a qué se dedica? Independiente
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 1
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? Carpincho, capai
- ¿Qué tipo de olor percibe? Malena fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? 7-8 noche
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Rebosa
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? No
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Al río
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? si ¿Cuales? mosquitos, moscas
parte baja

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 50

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Hani Lobo Perez
Edad: 32 años
Sexo: F

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 3
- Nivel de estudio
Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa X Técnico ___ Tecnólogo ___ Profesional ___
- ¿a qué se dedica? Arna de rosa
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 4
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? batalla, galapaga, chiblo
- ¿Qué tipo de olor percibe? Malena fecal
- ¿A qué hora se intensifica el olor? mediodia 7-noche
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Rebosa
Siente mas olor
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? No
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Afectacion salud, ambiente
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? si ¿Cuales? Sarado

ENCUESTA AREA DE INFLUENCIA

No encuesta 31

Nombre del encuestador: _____
Nombre del encuestado: Elbinton Boharquez
Edad: 53 años
Sexo: M

PREGUNTAS

- Estrato socioeconómico 1 X 2 3
- ¿Cuántas personas viven en la casa? 3
- Nivel de estudio
Primaria incompleta ___ primaria completa ___ Secundaria incompleta ___
Secundaria completa X Técnico ___ Tecnólogo ___ Profesional ___
- ¿a qué se dedica? Independiente
- ¿Cuántos baños hay en su hogar? 1
- ¿Cuántas habitaciones hay en su hogar? 2
- ¿Sabe usted que es una laguna de estabilización?
Si X No ___ No sabe ___
- ¿Qué animales ha visto por la zona? batalla, sacudon, rabea, boa, Rotos mosquitos
- ¿Qué tipo de olor percibe? Malena fecal, carne podrida
- ¿A qué hora se intensifica el olor? tarde - mañana
- ¿Qué sucede con las lagunas de estabilización cuando llueve? Rebosa
Malena de olor
- ¿Cada cuánto ve al personal de la empresa prestadora de servicios realizando visita de campo? Nunca
- ¿Qué afectación cree usted que le está generando las lagunas de estabilización? Al río, olores, mosquitos, Respiratoria
- ¿Existe proliferación de insectos en su hogar? si ¿Cuales? mosquitos, moscas (Hoyo)



ANEXOS B TOMA DE MUESTRAS PUNTUALES Y RESULTADOS

Primer muestreo 29 de agosto del 2021

Resultados de laboratorio (DBO5, DQO y SST)



**Laboratorio
Nancy Flórez García S.A.S**
Calidad e Innovación
NIT: 804 005 550-0



IDEAM
INSTITUTO DE AMBIENTA
METEOROLÓGICA
Y HIDROGRÁFICA

COD: RD-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
N° 49495

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA : YALEXIS QUINTERO BARRIENTOS
DIRECCIÓN : CALLE 9 # 114 EL CENTRO
CONTACTO : YALEXIS QUINTERO
CARGO : ESTUDIANTE

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA RESIDUAL DOMESTICA
LUGAR DE MUESTREO : PUEBLO BELLO
PUNTO DE MUESTREO : EL MANÍOL
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : N.S
PROC. DE MUESTREO : N.S

NIT : 1007345133
CIUDAD : PUEBLO BELLO
TELÉFONO : 3175281149

HORA MUESTRA : 10:50
MUESTREO : 2021/08/29
RECEPCIÓN : 2021/08/30
INICIO ENSAYOS : 2021/08/30
FINAL ENSAYOS : 2021/08/07
INFORME : 2021/09/07

Fisicoquímico					
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B / SM 4500-O G - Incubación 5 días	2,00	2021/08/30	86,0	
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2021/08/30	136	
Sólidos Suspendedos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2021/08/30	176	

NOTA :
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019* por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

APROBO



DANIEL GOMEZ GALINDO
NIT: 804 005 550-0

Coordinador Técnico de Laboratorio
Fin de Informe

Fuente: laboratorio Nancy Flores, 2021.



Estación E2 efluente de las lagunas de estabilización

Resultados de laboratorio

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
N° 49497

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
 EMPRESA : YALEXIS QUINTERO BARRIENTOS
 DIRECCION : CALLE 9 # 114 EL CENTRO
 CONTACTO : YALEXIS QUINTERO
 CARGO : ESTUDIANTE
 NIT : 1007345133
 CIUDAD : PUEBLO BELLO
 TELÉFONO : 3175281149

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
 NOMBRE : AGUA RESIDUAL DOMESTICA
 LUGAR DE MUESTREO : PUEBLO BELLO
 PUNTO DE MUESTREO : E2: EFLUENTE LAG ESTA
 TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S
 CODIGO : 210875845
 LOTE : N.A
 REGISTRO INVIMA : N.A
 HORA MUESTRA : 11:44
 MUESTREO : 2021/08/29
 RECEPCION : 2021/08/30
 INICIO ENSAYOS : 2021/08/30
 FINAL ENSAYOS : 2021/09/07
 INFORME : 2021/09/07

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B / SM 4500-D G - Incubación 5 días	2,00	2021/08/30	11,6
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Vitámínico	20,0	2021/08/30	26,6
Sólidos Suspensos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2021/09/03	22,0

NOTA :
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado
 (A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método
 Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
 Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
 El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
 No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
 Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
 Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
 Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019* por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

APROBO

DANIEL GOMEZ GALINDO
 Coordinador Técnico de Laboratorio
 Fin de Informe

Fuente: laboratorio Nancy Flores, 2021.



Resultado de laboratorio

Laboratorios
Nancy Flórez García S.A.S
Confiables a toda prueba
Nº 884 Dos 5040

IDEAM
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
N° 49492

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
EMPRESA : YALEXIS QUINTERO BARRIENTOS
DIRECCIÓN : CALLE 9 # 114 EL CENTRO
CONTACTO : YALEXIS QUINTERO
CARGO : ESTUDIANTE

NIT : 1007345133
CIUDAD : PUEBLO BELLO
TELÉFONO : 3175291149

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL
LUGAR DE MUESTREO : PUEBLO BELLO
PUNTO DE MUESTREO : ES. LOOM ARRIBA
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : N.S
PROC. DE MUESTREO : N.S

CODIGO : 210875842
LOTE : N.A
REGISTRO INVIMA : N.A

HORA MUESTRA : 12:40
MUESTREO : 2021/08/29
RECEPCIÓN : 2021/08/30
INICIO ENSAYOS : 2021/08/30
FINAL ENSAYOS : 2021/09/07
INFORME : 2021/09/07

ANÁLISIS	Fisicoquímico		LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
	MUESTRO	MÉTODO - TÉCNICA			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD5) mg O2/L (A)	SM 5210 B / SM 4500-D G - Inoculación 5 días		2,00	2021/08/30	<2,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico		20,0	2021/08/30	<20,0
Sólidos Suspendedos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico		5,00	2021/09/03	10,4

NOTA :
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución Nº 0396 de 02 de mayo 2019 * por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

APROBO

DANIEL GOMEZ GALINDO
PEL 001.037024
Coordinador Técnico de Laboratorio
Fin de Informe

Fuente: laboratorio Nancy Flores, 2021.



Resultado de laboratorio

Laboratorio
Nancy Flórez García S.A.S
Calle 9 # 114 El Centro
Nº 584.008.588-0

IDEAM
Instituto de Ambiente
y Estudios Ambientales

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
Nº 49494

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
EMPRESA : YALEXIS QUINTERO BARRIENTOS
DIRECCIÓN : CALLE 9 # 114 EL CENTRO
CONTACTO : YALEXIS QUINTERO
CARGO : ESTUDIANTE

NIT : 1007345133
CIUDAD : PUEBLO BELLO
TELÉFONO : 3175281149

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL
LUGAR DE MUESTREO : PUEBLO BELLO
PUNTO DE MUESTREO : E4. LOOM ABAJO
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : N.S
PROC. DE MUESTREO : N.S

COODIGO : 210875843
LOTE : N.A
REGISTRO INVIMA : N.A

HORA MUESTRA : 12:15
MUESTREO : 2021/08/29
RECEPCIÓN : 2021/08/30
INICIO ENSAYOS : 2021/08/30
FINAL ENSAYOS : 2021/09/07
INFORME : 2021/09/07

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B / SM 4500-O G - Incubación 5 días	2,00	2021/08/30	<2,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - volumétrico	20,0	2021/09/02	<20,0
Sólidos Suspendedos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2021/09/03	9,20

NOTA :
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método.
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.

Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución Nº 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

APROBO

DANIEL GOMEZ GALINDO
COORDINADOR
Coordinador Técnico de Laboratorio
Fin de Informe

Fuente: laboratorio Nancy Flores, 2021.

Resultados laboratorio
E1 (pH y temperatura)



Fuente: Autores 2022
E2 (pH y temperatura)



Fuente: Autores 2022

E3 (pH y temperatura)



Fuente: Autores 2022

E4 (pH y temperatura)



Fuente: Autores 2022



Estación El Manjol

Resultado de laboratorio



**Laboratorios
Nancy Flórez García S.A.S**
Confiables a todo el nivel
Nº 884.008.588-0



IDEAM
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA
METEOROLOGÍA Y
FISIOLOGÍA AMBIENTAL

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
N° 54974

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA : YALEXIS QUINTERO BARRIENTOS
DIRECCIÓN : CALLE 9 # 114 EL CENTRO
CONTACTO : YALEXIS QUINTERO
CARGO : ESTUDIANTE

NIT : 1007345133
CIUDAD : PUEBLO BELLO
TELÉFONO : 3175281149

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA
LUGAR DE MUESTREO : PUEBLO BELLO
PUNTO DE MUESTREO : MANJOL
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : N.S
PROC. DE MUESTREO : N.S

HORA MUESTRA : 09:35
MUESTREO : 2021/11/19
RECEPCIÓN : 2021/11/19
INICIO ENSAYOS : 2021/11/20
FINAL ENSAYOS : 2021/12/02
INFORME : 2021/12/02

CODIGO : 211181506

LOTE : N.A

REGISTRO INVIMA : N.A

Fisicoquímico					
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B / SM 4500-O D - Incubación 5 días	2,00	2021/11/20	90,00	134
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volúmetrica	20,0	2021/11/23	180,00	201
Sólidos Suspensos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2021/11/23	90,00	29,0

Especificación: RESOLUCIÓN 0531 DEL 2015 ART 8 (CARGA MENOR O IGUAL A 625,00 Kg/día DBO5) - (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE)

NOTA :
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.
La muestra no cumple con los parámetros de la especificación para: DBO5 y DQO.

N.A.: No Aplica N.S.: No Suministrado N.R.: Parámetro no requerido por la especificación
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no lo ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los ritmos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA S.A.S., para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

APROBO



DANIEL GOMEZ GALINDO
INGENIERO AMBIENTAL

Coordinador Técnico de Laboratorio

Fin de Informe

Fuente: laboratorio Nancy Flores, 2021.



Estación E2 efluente de las lagunas de estabilización

Resultados de laboratorio



**Laboratorios
Nancy Flórez García S.A.S**
Confiables e íntegros
NIT: 624 009 5088-0



IDEAM
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
METEOROLÓGICAS Y
CLIMATOLÓGICAS

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
N° 54975

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA : YALEXIS QUINTERO BARRIENTOS	NIT : 1007345133
DIRECCIÓN : CALLE 9 4-114 EL CENTRO	CIUDAD : PUEBLO BELLO
CONTACTO : YALEXIS QUINTERO	TELÉFONO : 3175281149
CARGO : ESTUDIANTE	

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA	HORA MUESTRA : 09:40
LUGAR DE MUESTREO : PUEBLO BELLO	MUESTREO : 2021/11/19
PUNTO DE MUESTREO : EF LAGUNA	RECEPCIÓN : 2021/11/19
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE	INICIO ENSAYOS : 2021/11/20
PLAN DE MUESTREO : N.S	FINAL ENSAYOS : 2021/12/02
PROC. DE MUESTREO : N.S	INFORME : 2021/12/02
CODIGO : 211181507	
LOTE : N.A	
REGISTRO INVIMA : N.A	

Fisicoquímico					
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O ₂ /L (A)	SM S210 B / SM 4500-O D - Incubación 5 días	3,00	2021/11/20	90,00	36,8
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O ₂ /L (A)	SM S220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2021/11/23	180,00	56,7
Sólidos Suspendedos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2021/11/23	90,00	32,8

Especificación: RESOLUCIÓN 0631 DEL 2015 ART 8 (CARGA MENOR O IGUAL A 825,00 Kg/día DBO5) - (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE)

NOTA :
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.
La muestra cumple con los parámetros de la especificación.

N.A.: No Aplica N.S.: No Suministrado N.R.: Parámetro no requerido por la especificación
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLÓREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLÓREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

APROBO



DANIEL GOMEZ GALINDO
INGENIERO AMBIENTAL

Coordinador Técnico de Laboratorio
Fin de Informe

Fuente: laboratorio Nancy Flores, 2021.



Resultados laboratorio (pH y temperatura)

E1



Fuente: Autores 2022

E2



Fuente: Autores 2022.



Resultado de muestra en blanco



**Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García**
Confiables a toda prueba



IDEAM
INSTITUTO NACIONAL DE
RECUPERACIÓN Y
RECONSTRUCCIÓN

COD: RC-104-Ver: 09 del 14 de Enero de 2022

INFORME DE ENSAYOS
Nº 57971

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA : VALEXIS QUINTERO BARRIENTOS
 DIRECCIÓN : CALLE 9 4-114 EL CENTRO
 CONTACTO : VALEXIS QUINTERO
 CARGO : ESTUDIANTE

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA
 LUGAR DE MUESTREO : PUEBLO BELLO
 PUNTO DE MUESTREO : MUESTRA BLANCO
 TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S

NET : 1007345133
 CIUDAD : PUEBLO BELLO
 TELÉFONO : 3175281149

HORA MUESTRA : 12:50
 MUESTREO : 2022/01/11
 RECEPCIÓN : 2022/01/11
 INICIO ENSAYOS : 2022/01/11
 FINAL ENSAYOS : 2022/01/25
 INFORME : 2022/01/25

Fisicoquímico

ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SH 5210 B / SH 4500-O G - Incubación 5 días	2,00	2022/01/12	90,00	26,1
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SH 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/01/16	180,00	26,4
pH (°C) U de pH	SH 4500-H+ S - Electrométrico	-	2022/01/11	6,00 a 9,00	7,14
Sólidos Suspendidos Totales mg/L (A)	SH 2540 D - Gravimétrico	5,00	2022/01/12	80,00	6,00

Especificación: RESOLUCIÓN 0631 DEL 2015 ART 6 (CARGA MENOR O IGUAL A 425,00 Kg/día DBO5) - (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE)

NOTA :
 La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
 La muestra cumple con los parámetros de la especificación.

N/A: No Aplica N.S: No Suministrado N/R: Parámetro no requerido por la especificación (S/N) Subcontratado No Acreditado
 (R): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método
 Todo resultado del laboratorio será respaldado por una métrica que verifique su autenticidad.
 Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
 El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y estirada.
 No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
 Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
 Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.
 Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución NP 0358 de 02 de mayo 2015 "por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

Autorizó Informe de Ensayos



DANIEL GOMEZ GALINDO
EP: PG-07031
Coordinador Técnico de Laboratorio



YORELIS FRAGOZO CASTILLA
Técnica de Laboratorio

Fuente: laboratorio Nancy Flores, 2022.



Resultado laboratorio de Lirio Amarillo



Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
Confiableidad a toda prueba



IDEAM
INSTITUTO VENEZOLANO
DE CARBONO LÍQUIDO Y
AGUAS SUBTERRÁNEAS

COD: RO-104 Ver: 09 del 14 de Enero de 2022

INFORME DE ENSAYOS
N° 57973

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA : YALEXIS QUINTERO BARRIENTOS
DIRECCIÓN : CALLE 9 4-114 EL CENTRO
CONTACTO : YALEXIS QUINTERO
CARGO : ESTUDIANTE

NET : 1007345133
CIUDAD : PUEBLO BELLO
TELÉFONO : 3175281149

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA
LUGAR DE MUESTREO : PUEBLO BELLO
PUNTO DE MUESTREO : LIRIO AMARILLO
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : N.S.
PROC. DE MUESTREO : N.S.

HORA MUESTRA : 13:15
MUESTREO : 2022/01/11
RECEPCIÓN : 2022/01/11
INICIO ENSAYOS : 2022/01/11
FINAL ENSAYOS : 2022/01/25
INFORME : 2022/01/25

CODIGO : 220184495
LOTE : N.A.
REGISTRO INVIMA : N.A.

Fisicoquímico					
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O ₂ /L (A)	DM 5210 B / SM 4500-O G - Incubación 5 días	2,00	2022/01/12	90,00	18,1
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O ₂ /L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/01/16	100,00	36,0
pH (°C) U de pH	DM 4500-14 B - Electrométrico	-	2022/01/11	6,00 a 9,00	6,32
Sólidos Suspendidos Totales mg/L (A)	DM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2022/01/12	90,00	14,0

Especificación: RESOLUCIÓN 0631 DEL 2015 ART 8 (CARGA MENOR O IGUAL A 425,00 Kg/día DBO5) - (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE)

NOTA :
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayo y fecha de informe han sido proporcionadas por el cliente o un tercero de conformidad con las directivas del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
La muestra cumple con los parámetros de la especificación.

N.A.: No Activa N.S.: No Suministrado N.R.: Parámetro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una muestra que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no le ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución Nº 0398 de 02 de mayo 2015 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

Autorizó Informe de Ensayos



DANIEL GÓMEZ GALINDO
TF: PG-07031
Coordinador Técnico del Laboratorio



YORLENIS FRAGOZO CASTILLA
Jefa de Informes

Fuente: laboratorio Nancy Flores, 2022.



Resultado laboratorio Junco Gigante



Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
Confiables en todas las pruebas



IDEAM
INSTITUTO COLOMBIANO DE
HIGIENE AMBIENTAL Y
SANEAMIENTO

CÓD: RC-104 Ver: 09 del 14 de Enero de 2022

INFORME DE ENSAYOS
Nº 57972

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA : YALEXIS QUINTERO BARRIENTOS
DIRECCIÓN : CALLE 9 4-114 EL CENTRO
CONTACTO : YALEXIS QUINTERO
CARGO : ESTUDIANTE

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA
LUGAR DE MUESTREO : PUEBLO BELLO
PUNTO DE MUESTREO : JUNCO GIGANTE
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : N.S
PROC. DE MUESTREO : N.S

NET : 3007345133
CIUDAD : PUEBLO BELLO
TELÉFONO : 3175281149

HORA MUESTRA : 13:10
MUESTREO : 2022/01/11
RECEPCIÓN : 2022/01/11
INICIO ENSAYOS : 2022/01/11
FINAL ENSAYOS : 2022/01/25
INFORME : 2022/01/25

CODIGO : 220184494
LOTE : N.A
REGISTRO INVIMA : N.A

Fisicoquímico					
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B / SM 4900-O G - Incubación 5 días	2,00	2022/01/12	90,00	13,3
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/01/18	180,00	21,6
pH (°C) II de pH	SM 4505-III+ B - Electrométrico	-	2022/01/11	6,00 x 9,00	7,41
Sólidos Suspensivos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2022/01/12	90,00	13,4

Especificación: RESOLUCIÓN 0631 DEL 2017 ART 8 (CARGA MENOR O IGUAL A 635,00 kg/día DBO5) - (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE)

NOTA :
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
La muestra cumple con los parámetros de la especificación.

N.A.: No Aptos N.S.: No Suministrado N.R.: Parámetro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cualificación del método

Todo resultado del laboratorio será respaldado por una muestra que verifique su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los ensayos. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución Nº 0295 de 02 de mayo 2019 por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionados con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

Autorizó Informe de Ensayos



DANIEL GÓMEZ GALINDO
TF: 90-07031
Coordinador Técnico de Laboratorio



YORLENIS FRAGOZO CASTILLA
Jefa de Laboratorio

Fuente: laboratorio Nancy Flores, 2022.



Construcción del humedal



Fuente: Autores 2022