

**ACOMPAÑAMIENTO DEPARTAMENTO GESTIÓN AMBIENTAL  
OPERADORA AVÍCOLA COLOMBIA S.A.S**

**ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS (ARD) Y CONTROL DE OLORES EN LODOS RESIDUALES**

**SANDRA MARCELA PATIÑO REYES**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE  
PEREIRA, 2020**

**ACOMPañAMIENTO DEPARTAMENTO GESTIÓN AMBIENTAL  
OPERADORA AVÍCOLA COLOMBIA S.A.S  
ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS (ARD) Y CONTROL DE OLORES EN LODOS RESIDUALES**

**SANDRA MARCELA PATIÑO REYES**

**Tutor organizacional:**

**CRISTIAN CAMILO QUIROZ UTIMA**

**Tutor Académico:**

**ALVARO IGANCIO RAMÍREZ FAJARDO**

**Como requisito para optar por el título a:**

**ADMINISTRADORA AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**PROGRAMA ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

**PEREIRA, 2020**

## **Agradecimientos**

Al abrir mis ojos me encuentro con un nuevo día, con una oportunidad más de crecer y luchar, y puedo ver con satisfacción la culminación este ciclo de aprendizaje y crecimiento intelectual y personal.

Por esto agradezco a Dios permitirme vivir la dicha de alcanzar una de mis grandes metas, y por darme la bendición de compartir este logro al lado de mis seres amados

Agradezco a mi madre, por enseñarme a ser una mujer luchadora y por su esmero para asegurarse de darme la oportunidad de estudiar y convertirme en una gran profesional, sin importar las dificultades que tuvo en su camino.

Agradezco a mi esposo quien es esa persona especial que Dios puso en mi camino, y para quien este logro es también un logro para él, quien me impulsó cuando caí y no me dejó desistir de este gran sueño.

Agradezco a aquellas personas especiales que llegaron a mi vida con el propósito de mostrarme que valía la pena luchar, y a los profesores que tendieron su mano cuando más la necesite.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. GENERALIDADES</b>	
1.1. INTRODUCCIÓN	5
1.2. PALABRAS CLAVE	7
1.3. OBJETIVOS	7
1.3.1. Objetivo General	7
1.3.2. Objetivos específicos	7
1.4. MARCO NORMATIVO	10
<b>2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS</b>	<b>12</b>
2.1. DESCRIPCIÓN DE PROYECTO	12
2.1.1. Ubicación	12
2.1.2. Descripción de los procesos asociados	13
2.2. HUMEDAL ARTIFICIAL	14
2.2.1. Diseño	14
2.2.1.1. Memoria de cálculo	17
2.3. METODOLOGÍA SELECCIÓN DE ESPECIES	18
2.4. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	21
2.5. COSTOS DE INVERSIÓN	22
<b>3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE OLORES EN LODOS DESHIDRATADOS</b>	<b>22</b>
3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO	22
3.2. METODOLOGÍA DE SELECCIÓN	22
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
5. CONCLUSIONES	24
6. BIBLIOGRAFÍA	25

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

Con la llegada del siglo XVII aparecen también innumerables cambios en el mercado mundial, la revolución industrial, la ilustración y todos aquellos momentos que incidieron de forma directa en la economía mundial, y que hoy conocemos como la industrialización. Término que ha tomado otra forma a partir de los impactos generados en todo su proceso de desarrollo; si bien el mercado mundial ha crecido de forma exponencial, donde la demanda cada vez es mayor a causa de los avances tecnológicos de los últimos 100 años, y a su vez la oferta es más creciente pues cada día se ofrecen nuevos bienes y servicios que por lo general sustituyen otros que anteriormente eran usados por períodos más largos.

Pero cabe resaltar, que el crecimiento desmedido de la población a nivel mundial ha producido efectos positivos y negativos sobre el medio ambiente, a causa de la explotación de los recursos naturales tanto para la producción como para el consumo de bienes y servicios; cuando se habla de efectos negativos, entendemos que se trata de la contaminación del medio ambiente, hecho que ha permitido la inevitable destrucción de los recursos y con ello el cambio climático, que a su vez afecta gravemente la producción de bienes y servicios ambientales; por otro los efectos positivos hacen referencia a la forma en que el hombre ha usado esos mismos recursos para el tratamiento del medio ambiente, como lo es la biorremediación a través de plantas, la fitorremediación a través de microorganismos como protozoos, algas, entre otros, la depuración de Ozono por medio de la conservación y preservación de los bosques naturales, incluso bosques plantados dentro de las cabeceras municipales, y así como estos ejemplos existo muchas alternativas que se han logrado a raíz de los grandes avances en la ciencia.

Operadora Avícola Colombia S.A.S., es una organización comprometida con el medio ambiente y su responsabilidad ante la sociedad, por tal razón reconoce los

impactos generados a partir de su sistema productivo, es a raíz de esta necesidad que nace la práctica de *acompañamiento al departamento de Gestión Ambiental*, como espacio que permitiera la evaluación de la realidad ambiental del sistema productivo, las necesidades y posibles alternativas de manejo a dichas situaciones.

La normatividad ambiental Colombiana ha establecido parámetros y directrices encaminados a disminuir el deterioro ambiental generado por los vertimientos sin tratamiento, siendo estos los principales contaminantes del recurso hídrico y suelo; a partir de esta problemática nació la necesidad de crear políticas públicas que permitan ejercer mayor control, es así como aparece el Decreto 3930 del 2010 que nos abre las puertas a la implementación de nuevas tecnologías que minimicen el impacto al ambiente a partir de los residuos líquidos.

Dentro de la compañía se desarrollan diversas actividades productivas, entre ellas el levante y engorde de pollo llevado a cabo en las granjas avícolas, allí se implementan constantemente medidas de manejo ambiental, pero a través de la práctica de acompañamiento la compañía desea ir más allá de lo que actualmente se tiene, es por ello que a partir de la revisión de la teoría se tuvieron en cuenta nuevas alternativas, así mismo sucede en la planta de sacrificio, que es donde se procesa la carne de pollo por las características se determina que son industriales, la compañía realiza el tratamiento de dichas aguas de las cuales se genera lodo residual tratado debidamente, sin embargo, este presentaba una condición de olores que afectaba su transporte, teniendo en cuenta esta situación se efectuó la evaluación de alternativas para la disminución de olores que pueden ser ofensivos para las comunidades involucradas.

A lo largo de la práctica se van identificando y seleccionando las alternativas de manejo con mayor adaptación a la realidad de la empresa, posteriormente se efectuarán pruebas en campo que permitan determinar puntualmente cuál es la opción que se tomará definitivamente.

## 1.2. **PALABRAS CLAVE**

Biorremediación, Humedal, Aguas Residuales Domésticas (ARD), Lodos, olores ofensivos, evapotranspiración, remoción.

## 1.3. **OBJETIVOS**

### 1.3.1. **Objetivo General**

Evaluar y determinar posibles alternativas de control de olores y manejo de Aguas Residuales Domésticas (ARD), y elaborar un Plan de manejo ambiental.

### 1.3.2. **Objetivos específicos**

- Identificar posibles alternativas para el manejo de olores generados por el lodo residual, proveniente del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales No Domésticas de la planta de sacrificio.
- Identificar posibles alternativas para el manejo de efluentes provenientes del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (ARD) de granjas.
- Seleccionar la alternativa más viable para el manejo de olores y aguas residuales Domésticas.
- Elaborar un Plan de manejo ambiental encaminado al mejoramiento de las condiciones ambientales identificadas en la fase diagnóstica.





1.4. MARCO NORMATIVO

NORMA	OBJETO	APLICACIÓN
Decreto 2667 de 2012	Por la cual se reglamenta tasa retributiva, por utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales.	Todas las empresas tanto públicas como privadas, que no cuenten con servicio de alcantarillado y deban realizar sus vertimientos a cuerpos de agua superficial, deben garantizar previo al vertimiento el tratamiento de sus aguas residuales, si estas empresas cumplen a cabalidad con los parámetros establecidos por la Resolución 0631 de 2015 y las metas del quinquenio, deberán pagar anualmente la tasa retributiva.
Ley 99 de 1993	ARTÍCULO 43.- Tasas por Utilización de Aguas. La utilización de aguas por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, dará lugar al cobro de tasas fijadas por el Gobierno Nacional que se destinarán al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos hídricos, para los fines establecidos por el artículo 159 del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974.	Toda persona y/o empresa que tengan en posesión un predio, y deban captar el agua superficial o subterránea, deben tramitar su permiso de concesión de aguas, y como parte de sus obligaciones debe reportar los caudales extraídos sin sobre pasar el caudal concesionado, de acuerdo a estos reportes la entidad ambiental calculará la tasa por uso de agua que deben pagar anualmente.

NORMA	OBJETO	APLICACIÓN
Decreto 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y valores máximos permisibles en vertimientos a cuerpos de agua	Es a partir de este Decreto donde las organizaciones se plantean los mecanismos que usarán de acuerdo a su realidad productiva, para dar estricto cumplimiento a los límites establecidos, además los informes de caracterización de dichos vertimientos deben ser presentados periódicamente a las entidades ambientales. Estas obligaciones van soportadas en los permisos de vertimientos otorgados por las CARs.
Artículo 2.2.3.3.4.9 Decreto 1076 de 2015	A través del cual se establecen los requisitos para permiso de vertimientos a suelo.	De acuerdo a este artículo los usuarios que efectúen vertimiento a suelo deben presentar caracterización del efluente y presentarse periódicamente a la autoridad ambiental, el proceso es igual al vertimiento a cuerpos de agua, pero los parámetros a evaluar son más restrictivos.
Ley 2 de 1.959		Esta ley busca la protección del suelo, agua, aire y la vida silvestre, por medio del cerramiento de ciertas áreas protegidas, que por su riqueza

	Sobre la economía forestal de la nación y los recursos naturales renovables.	proveen al medio ambiente los bienes y servicios ambientales necesarios para su conservación, es así como aparecen zonas de reserva: Zona de reserva forestal del pacífico. Zona de reserva forestal central. Zona de reserva forestal Río Magdalena. Zona de reserva forestal sierra nevada de Santa Marta.
Constitución Política de Colombia	ARTÍCULO 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.	La explotación de los recursos naturales como parte de los procesos económicos, arraiga el impacto negativo de los mismos bien sea para la producción de bienes y/o en su consumo. Es por ello que el Estado debe velar por una explotación equilibrada de los recursos.

## **2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD)**

Hablar de la evolución científica y tecnológica frente al tratamiento de las aguas residuales tanto domésticas como industriales, nos lleva a un mundo donde la eficiencia frente al uso de los recursos nos enseña un sinnúmero de alternativas de manejo que han aparecido con el uso de diferentes técnicas<sup>1</sup> promovidas por los principales teóricos de tratamientos de agua tales como el estadounidense George Tchobanoglous, el brasileño Marcos Von Sperling, el español Mariano Seoáñez Calvo, entre otros importantes científicos<sup>2</sup> que aparecieron durante el siglo XX y que indican que actualmente el medio ambiente provee mecanismos naturales que permiten tratar y disminuir los impactos generados por la contaminación apareciendo entonces tratamientos como:

- La fitorremediación con el uso de humedales artificiales, propuesto por Marcos Von Sperling en la séptima edición de su libro *“tratamiento de humedales”* (IWA, 2017).
- Procesos de biopelículas, que consiste en la conversión de compuestos de nitrógeno y la producción de fosfatos y polímero microbianos, propuesto por el profesor y científico Marc Van Loosdrecht biotecnología de la Universidad Tecnológica de de Delf<sup>3</sup>.

### **2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

#### **2.1.1. Ubicación**

La implementación del Sistema de tratamiento que se seleccionará se efectuará en la granja Avícola Carmelita ubicada en el corregimiento de Zaragoza jurisdicción del municipio de Cartago- Valle del Cauca (*ver ilustración 1*). La cual

---

<sup>1</sup> Según la Real Academia Española técnica es el conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o arte.

<sup>2</sup> Cuyo enfoque fue el tratamiento de aguas residuales a partir de métodos biológicos como el uso de humedales artificiales.

<sup>3</sup> [www.tudelft.nl](http://www.tudelft.nl)

cruza en medio de la variante principal que conecta al Sur con el municipio de Obando, al Este con el municipio de Ulloa.



**Ilustración 1.** Ubicación de la granja Carmelita dentro del perímetro de Zaragoza, Valle del Cauca (Googlemaps, 2015).

### 2.1.2. Descripción de los procesos asociados

En este caso serán construidos en el predio denominado granja Carmelita, como punto de entrega del efluente proveniente de las aguas residuales domésticas (ARD) de la *Unidad sanitaria* donde se ubica un Sistema séptico prefabricado de 2.000 litros; y una *Vivienda con* sistema séptico prefabricado de 1.650 litros.

Por las características del agua residual doméstica generadas en el punto de generación, en dichos tanques se lleva a cabo el tratamiento biológico (a través de microorganismos descomponedores y la decantación de los sólidos presentes en el agua).

## 2.2. HUMEDALE ARTIFICIAL

Entendiendo los *humedales naturales* como zonas con constante flujo de agua, siendo este el principal controlador del medio, la vida vegetal y animal asociada a (RAMSAR, 1971), según la EPA este diseño hace uso de la fitorremediación permitiendo el aprovechamiento de capacidad de las plantas y la energía solar para el tratamiento de una gran variedad de contaminantes del medioambiente<sup>4</sup> según la teoría estos se han concebido como un medio muy importante para saneamiento de aguas residuales.

Los *humedales artificiales* están conformados por especies naturales, previamente seleccionadas, de acuerdo a la información secundaria tesis encontrada al respecto, la cual permite identificar las especies que se pueden adaptar fácilmente al medio (clima, carga hidráulica, entre otros aspectos) al cual estarán expuestas.

### 2.2.1. Diseño

La implementación del humedal busca retener las aguas dentro del sistema por medio de la absorción y transformación del residuo líquido, abriendo paso a un proceso de evapotranspiración. Para garantizar estas condiciones el sistema constará de los siguientes componentes, en los humedales se pueden encontrar como principales mecanismos de remoción, la filtración y sedimentación de partículas suspendidas, la adsorción, incorporación del contaminante a la planta, la degradación microbial y la precipitación, para lo cual, tanto las plantas como el medio filtrante y los microorganismos tienen una función individual y relacionada entre sí<sup>5</sup>; De acuerdo a la información obtenida durante la revisión del marco teórico referente al diseño del sistema de los humedales artificiales, se pudo establecer con más precisión el modelo a construir para este caso, basados en la necesidad de tratar aguas residuales domésticas (ARD) tratando al 100% el efluente del sistema,

---

<sup>4</sup> Arias Sergio, 2010, *fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas*: apoya en la EPA 1996.

<sup>5</sup> Según la publicación *fitorremediación en humedal artificial para remoción de materia orgánica en muestras de agua del canal Albina en Bogotá*, escrito por Diego Germán Guio quien se apoya en U. Stottmeister, 2003.

nos apoyamos en la descripción del diseño publicada por Pedro Alberto Montiel en su tesis de ingeniería (*ver anexo 1*)<sup>6</sup>

*Paredes y piso:* Tanto el piso como las paredes serán construidos en ladrillo y posteriormente revocados, con la intención de dar mayor estabilidad al terreno y asegurar totalmente la impermeabilidad del sistema (*ver ilustración2*).

*Capa impermeable:* Se trata de un polietileno de alta densidad que recubre las paredes y el suelo previamente construidos, cuyo objetivo es impedir la infiltración al suelo.



**Ilustración 2. Vista interior de las paredes, piso y tuberías de distribución (FENAVI, 2019)**

*Grava:* La segunda capa consta de grava fina con un porcentaje de porosidad aproximadamente del 20% al 50%, y la tercera es una grava más gruesa con una porosidad aproximada del 25% al 40%, estos sustratos permiten soportar muchos microorganismos presentes en el sistema, además permite contener restos (sólidos suspendidos) contaminantes que pueden ir suspendidos en el agua (Borrero, 1999).

---

<sup>6</sup> Montiel, Pedro. *Humedal artificial*, facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma. México. Pag. 13

Este material permite la adherencia de microorganismos en las tanto en la grava como en las raíces de las plantas denominado *Biofilm o biopelícula*<sup>7</sup>

*Tierra:* La última capa ésta conformada por tierra fértil que permitirá la siembra de las especies vegetales, y una rápida adaptación al medio, ya que proporciona las condiciones ideales para la conformación de hábitats de microorganismos indispensables en la degradación de la materia orgánica presente en el medio acuoso.

*Entrada y salida del efluente:* El ducto de entrega del efluente proveniente del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (STARD), consta de una tubería de 3" con perforaciones de 5 mm aproximadamente, esta se construye en forma de espina de pescado, para dar una distribución más uniforme del líquido, y evitar represamientos de agua en un solo punto.

*Cubrimiento exterior:* Para impedir saturación del sistema con aguas externas a las provenientes del sistema séptico como lo son las aguas lluvias, se hará un encerramiento exterior con parales laterales, un plástico transparente de alta densidad que psoposermita la iluminación directa a las especies que se encuentran en el humedal.

*Medio de conducción:* El vertimiento ingresa al humedal a través de tuberías de 3", estos se distribuyen al interior en dos (2) líneas paralelas van de un extremo a otro.

*Evapotranspiración:* Una de las principales características de los humedales es la capacidad de transformar gran parte del líquido que fluye en esta se logra a través de la absorción y transformación fotosintética efectuada por el sistema radicular de las especies plantadas, además se lograr más *Re- uso del efluente*

---

<sup>7</sup> El biofilm o biopelícula, de desarrolla en el medio de soporte, adherida en mayor proporción en las raíces de las plantas, es una matriz que contine gran cantidad de microorganismos que facilitan el proceso de remoción de contaminantes (Paredes, 2014).



### 2.2.1.1. Memoria de cálculo

La teoría ofrece un sinnúmero de métodos para el dimensionamiento de los humedales artificiales, es por ello las memorias de cálculo fueron apoyadas en el Capítulo 10 numeral 10.74.5 del título J del RAS 2000.

El humedal es una fase terciaria del sistema de tratamiento del agua residual doméstica localizado posterior al filtro anaeróbico el cual hace parte del sistema conformado por trampa de grasas y pozo séptico (*ver anexo 2*) tal y como se describe en el numeral 10.7.3 del título J del RAS 2.000.

Teniendo en cuenta que la unidad que genera vertimiento corresponde a una vivienda unifamiliar donde se tiene un aproximado de 4 habitantes, cuyo aporte de agua residual es aproximado de 0,044 M<sup>3</sup>/día (Resolución 0330, 2017)<sup>8</sup>, este orden de ideas debe tenerse en cuenta que al igual que los sistemas prefabricados de tratamiento los humedales también deben calcularse de acuerdo al caudal de agua que ingrese al sistema, para lo cual se aplicaron unos parámetros de diseño (RAS, 2010) donde también deben usarse medidas como la concentración de la DBO<sub>5</sub> del afluente y la DBO<sub>5</sub> del efluente es de 80,4 mg/l, determinándose así que la concentración de la DBO<sub>5</sub> de efluente es de 8,4 mg/l (*ver anexo 3*)<sup>9</sup>, asumiendo un coeficiente de remoción del medio de 0,8 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000) acorde al título D RAS 2.000 .

Otra medida a tener en cuenta es la constante cinética (Kt) para aguas residuales domésticas la cual oscila entre 0,40 d<sup>-1</sup> y 0,60 d<sup>-1</sup>, reportadas por Metcalf y Rojas respectivamente (Bracho,2009); adicionalmente el diseño está compuesto por grava con porosidad del 46% que corresponde a arenas gruesas o bien clasificadas de acuerdo a los estimados de porosidad de Sanders 1998, estas funcionan como lecho filtrante que ayuda a formar biofilm<sup>10</sup>, la cual estará ubicada a una profundidad

---

<sup>8</sup> Conforme a lo establecido en el Artículo 43 de la Resolución 0330 de 2017,

<sup>9</sup> DBO ingeniería, 2014. *Caracterización de aguas residuales Pimpollo S.A Granja Carmelita*.

<sup>10</sup> El biofilm o biopelícula, de desarrolla en el medio de soporte, adherida en mayor proporción en las raíces de las plantas, es una matriz que contiene gran cantidad de microorganismos que facilitan el proceso de remoción de contaminantes (Paredes, 2014).

de 0,60 mt conforme a las recomendaciones efectuadas en el numeral 10.7.4.5.2 del RAS 2000 (*ver anexo 4*).

Ecuación 1. Cálculo del área superficial

$$As = \frac{Qd (LnCo - LnCe)}{(Kt \cdot D \cdot n)}$$

**As:** Área M<sup>2</sup>

**Qd:** Caudal de diseño en M<sup>3</sup>/día

**LnCo:** Concentración de DBO<sub>5</sub> g/día del afluente

**LnCe:** Concentración de DBO<sub>5</sub> g/día del efluente

**Kt:** Constante Cinética de primer orden

**D:** Profundidad en Mt

**n:** Porosidad del medio

**Sistema 1 y 2**

$$AS = \frac{0,448 \text{ M}^3/\text{día} (\text{Ln } 80,4 - \text{Ln } 8,4)}{(0,4 \cdot D-1 \cdot 0,6 \text{ Mt} \cdot 0,46)} = 26,26 \text{ M}^2$$

### 2.3. METODOLOGÍA SELECCIÓN DE ESPECIES

La selección de las especies se realizó a través de la revisión puntual de la teoría basada en los estudios efectuados durante experiencias reales donde fueron implementados humedales artificiales que permitieron evidenciar la eficiencia de cada una de las especies usadas, es así como por medio de la revisión del estado del arte se efectuó la identificación de las variables más importantes para el caso.

Identificando la necesidad que se desea tratar, el entorno en el que se proyecta implementar el proyecto, y los alcances que se pretenden obtener en cuanto a

calidad del agua, se determinaron los criterios a evaluar, y en base a ello se inició el proceso de recolección de información que la teoría existente nos brindaba. Posteriormente y con el fin de determinar cuáles serían las o la especie que cumplieran en mayor medida con los requerimientos establecidos, se aplicó la metodología de ponderación la cual nos permitiría llegar al objetivo establecido.

En este caso encontramos tres especies que cumplieran con la información requerida para cada criterio, como lo es la Heliconia, el Carrizo y el Tule; para el caso de la heliconia y el Tule frente al criterio 1 de *adaptabilidad*, fueron las dos especies que cumplieron a cabalidad con los parámetros establecidos en este punto; mientras el carrizo no presenta una buena adaptabilidad en climas extremadamente cálidos como lo es el lugar donde se ubicarán los humedales, ya que de acuerdo a Curt Morales estos germinan en temperaturas por debajo de los 20°C siendo los 10°C la temperatura más favorable<sup>11</sup>.

Respecto al criterio 2 de *capacidad de remoción de la DBO*, el Tule presenta una remoción del 95%, la más alta de las tres especies, mientras el Carrizo presentó la remoción más baja con un porcentaje del 70% (Pérez, 2009).

Finalmente se estableció el criterio 3 de *potencial de evapotranspiración*, donde la especie con mayor eficiencia de acuerdo a la teoría es el Carrizo con 14,75 mmd<sup>-1</sup>, el Tule 10,90 mmd<sup>-1</sup> y la heliconia de 3.85 mmd<sup>-1</sup> (Valencia, 2014) no obstante, este criterio es quizá el más importante ya que la meta principal es la disminución del efluente casi a cero.

Aplicando entonces la metodología de ponderación basados en los tres criterios anteriormente enunciados, se establecieron rangos de valoración que permitieron evaluar por nivel de importancia cada variable vs los criterios de selección (*ver tabla 2*), a partir de dicha valoración se pudo priorizar que las especies con mayor eficiencia son el Tule y la Heliconia en segundo lugar, de esta forma fue posible efectuar una selección más precisa, respecto a los resultados esperados durante el proyecto (*ver tabla 1*), en este punto se identificaron con el color verde aquellas

---

<sup>11</sup> Curt María, *Manual de fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación*: Capítulo 7. Pag 98.

variables que cumplen a cabalidad con los criterios establecidos, en color amarillo aquellos que se encontraban en un cumplimiento intermedio y en color anaranjado los criterios que estaban por debajo de los datos ideales. es de esta forma en que se precisó el tipo de especie que se usará durante la implementación del proyecto que para el caso son la Heliconia y el Tule (*ver tabla 3*).

**Tabla 1. Recopilación de información de cada criterio de acuerdo a la especie.**

Alternativa	Criterio .1 Adaptabilidad		Criterio. 2 % de remoción	Criterio. 3 Potencial de evapotranspiración
	Luminosidad (Alta)	T° (22-30)	DBO	KC mmd <sup>-1</sup>
HELICONIA	Si	Si	88,0%	3.85
CARRIZO	Si	si	70%	14.75
TULE (Typha)	Si	Si	95%	10.90

**Tabla 2. Valoración de cada especie**

CRITERIO	1	2	3	TOTAL
HELICONIA	3	2	1	6
CARRIZO	3	1	3	7
TULE	3	3	2	8

**Tabla 3. Rangos de calificación según prioridad**

VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
0	Nulo
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

## 2.4. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

El sistema de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (ARD) está compuesto por una fase primaria conformado por *trampa de grasas*, *pozo séptico*, *Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)*, al cual se le realizará mantenimiento preventivo semestralmente, cuyo propósito es extraer la presencia de natas y/o grasas, y lodos orgánicos retenidos en los dos últimos compartimientos.

El sistema consta de una última etapa establecida en un *humedal artificial*, cuyo mantenimiento se realizará a partir de una serie de actividades de revisión, que inician posterior a la siembra de las especies a partir de la primera semana se efectuará cada siete (7) días durante dos meses seguidos con el fin de verificar el correcto crecimiento de las especies, e identificar posibles fallas en la adaptación de algún individuo, esta medida permitirá tomar decisiones a tiem (Sanders, 1998)po y acertadas.

Pasado el primer mes después de evidenciar una eficiencia en el crecimiento de las plantas, situación que indica una adecuada adaptación, la revisión se realizará mensualmente, el objetivo de esta revisión es identificar si existen individuos con muriendo o la necesidad de poda de las especies que han crecido satisfactoriamente, para evitar la saturación del sistema.

Si se presenta muerte persistente de las plantas se realizará corte de los individuos afectados y se reemplazarán inmediatamente; si las pérdidas persisten se debe extraer una muestra del humedal donde sea extraída la tierra y el material filtrante (Grava), para determinar si existe colmatación de sólidos y/o material orgánico generando obstrucción de las porosidades; al determinar esta situación se realizarán cambios por tramos permitiendo la adaptación de los individuos y recuperación del medio.

## **2.5. COSTOS DE INVERSIÓN**

La proyección de los costos de inversión se efectuó en base a la cotización de construcción por parte de la empresa INGENIAR (*ver anexo 5*), cumpliendo con todos los parámetros de diseño establecidos.

## **3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE OLORES EN LODOS DESHIDRATADOS**

### **3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO**

El lugar de implementación del control de olores se efectuará en la Planta de beneficio de Operadora Avícola, ubicada en el Km3 Vía Libaré- La Florida, jurisdicción del municipio de Pereira, Risaralda, dicho predio se ubica a borde del Río Otún específicamente en el tramo IV correspondiente al Puente Gaitán hasta Casa de máquinas belmonte (CARDER, 2018)<sup>12</sup>.

### **3.1. METODOLOGÍA DE SELECCIÓN**

Como una empresa comprometida con el medio ambiente, Operadora Avícola desarrolla un sinnúmero de actividades de manejo ambiental, con el objetivo de no generar impactos sobre el medio ambiente y/o las comunidades aledañas, en este caso una de las actividades de tratamiento que genera mayor incomodidad en las comunidades es la proliferación de olores característicos del proceso, como lo son los lodos provenientes del tratamiento del Agua Residual No Doméstica (ARnD).

Con el ánimo de minimizar la generación de olores de los lodos se procedió con la evaluación de alternativas de control aplicables a la actividad desarrollada.

A partir del estudio del marco teórico existente para el caso se pudieron identificar las siguientes opciones de manejo:

---

<sup>12</sup> Meta Global y Metas individuales de Carga Contaminante para los parámetros de DBO5 y SST en jurisdicción de CARDER para el quinquenio 2018- 2022.

- Lodos procesados térmicamente, consiste en la estabilización térmica de este sólido a una temperatura entre 650°C y 750°C, que conduce a una completa mineralización, neutralizando así la mayoría de los compuestos orgánicos olorosos (Lozada, 2019).
- Cal Viva, el manejo de lodos con la cal viva permite aumentar la deshidratación de los mismos y el aumento de su Ph, facilitando en control de focos de olores por medio de la eliminación de microorganismos aerobios presentes en la materia orgánica.

Para el caso del tratamiento de lodos residuales en la planta de beneficio, actualmente se estarán definiendo las fases experimentales, aplicando las alternativas contempladas anteriormente.

#### **4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos a través de la metodología de ponderación, las especies vegetales que se ajustan en mayor medida a los criterios establecidos son el Carrizo y la Heliconia, mientras que el Tule arrojó el cumplimiento más bajo; sin embargo, esto no implica que esta especie no pueda ser usada dentro del humedal artificial.
- ✓ A pesar de que la especie Tule no cumple con todos los criterios, esta presenta mayor potencial de evapotranspiración por lo tanto esta será implementada en compañía de las otras especies, para complementar la eficiencia de cada una, cabe resaltar que la principal función del sistema es la evapotranspiración del afluente, buscando que exista cero vertimientos.

## 5. CONCLUSIONES

- ✓ Desde el punto de vista teórico, los humedales artificiales hacen parte del sistema de tratamiento de aguas residuales, permitiendo a través de su potencial la reconversión de tecnologías.
- ✓ Los métodos usados permiten identificar que el ambiente en el que será construido el sistema de biorremediación influye directamente en la obtención de resultados del sistema.
- ✓ Existen diversas opciones para el control de olores en lodos residuales, pero no todas se ajustan a la realidad de la organización, y aquellas que se ajustan pueden conllevar a un proceso más largo y de mayor riesgo de no ser manejado adecuadamente.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Araujo, M. C. (1998). *Entroía y procesos productivos*. Quito: Ediciones ABYA-YALA.
- Bracho, N., Fernández, P., & Vargas, L. (2009). Constantes cinéticas para efluentes domésticos e industriales a diferentes temperaturas. *Centro de investigaciones Biológicas*, 43(4), 13.
- Coronel Castro, E. (2015). *Eficiencia del jacinto de agua (eichhornia crassipes) y lenteja de agua (Lemna minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas*. Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Correa Restrepo, F. (2006). La gran paradoja del capitalismo y el concepto de riqueza. En *Antecedentes y Evolución de la Economía Ecológica* (Vol. 9, pág. 21). Universidad de Medellín.
- Heinrich Gemkow, C. M. (1975). *Biografía completa de Floreal Mazía Editorial*. Obtenido de <http://bolchetvo.blogspot.com>
- Lara Borrero, J. A. (1999). *Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales*. Barcelona: Instituto Catalán de Tecnología.
- Linares Llamas, P. (s.f.). *Economía Y Medio Ambiente: herramientas de valoración ambiental*. Madrid: Universidad Pontificia de Madrid.
- Lozada Cadeño, D. L., & Giraldo Jurado, E. A. (2019). *Origen de los olores en plantas de tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Escuelad Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Lozada Cadeño, D., & Giraldo Jurado, E. (2019). *Origen de los olores en plantas de tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Ecuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito.
- Macarthur, E. (2012-2013). *Hacia una Economía Circular*. Inglaterra: Ellen MacArtur Foundation.
- MINIAMBIENTE. (2014). *Plan Nacional de Negocios Verdes*. Bogotá.
- Mniesterio de Desarrollo Económico. (2000). *Sistemas de recoleccion y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales*. Bogotá.
- ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2017). *Resolucion 0330 por el cual se adopta el reglamento técnico de saneamiento y agua potable*. Bogotá.
- Murillo Urrutia, Luis Gilberto;. (s.f.). *Guía de aplicación de la valoración económica Ambiental*. Bogotá: Oficina de negocios verdes y sostenibles.
- Palta Prado, G. H. (2014). Fitorremediación de Aguas Residuales Domésticas con Poceas: Brachiariamutica, Pensnnisetum purpureum y Panicum maximun, en el Municipio de Popayán, Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 61,62,63.
- Paredes Gilón, L. (2014). *Remoción de condtaminantes en la estabilización de humedales construidos de flujos vertical, sembrados con Heliconias (sp), para el tratamiento de aguas residuales Domésticas*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

- Patiño Chávez, J. F. (2015). *Estudio Corporativo de la capacidad depuradora de Phragmites Australis y Cyperus Ppyrus en humedales artificiales subsuperficiales de flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales en el Catón de Santa Isabel*. Ecuador: Universida de cuenca.
- Pearl Gonzalez, Frank Joseph;. (s.f.). Política Naconal para la Gestión Itegral de la Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Bogotá, Colombia: HUMBOLT.
- Ramos Lara, C. E., & Córdoba Cerón , C. (2013). *Anàlisis de las condiciones y oportunidades de diseño a partir de la utilizaciòn de maleza (carrizo) que se da en el municipio de la Florida*. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño.
- Rojas Díaz , M. Y. (2018). Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas con la especie Vetiver (chrysopogon zizanioides) en humedales de flujo superficial. (U. C. Vallejo, Ed.) *Tzhoecoen*, 10(1), 17,18,19,20,21.
- Sanders, L. (1998). *A manual of field hydrogeology* . Illustrated edition.
- V. Reid, W. (s.f.). *Informe Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*. Strengthening Capcity to Manage Ecosystem Sustainably for Human.
- Chordá, Frederic; Martín, Teodoro;
- González, Isabel Rivero (24 de febrero de 2012). *Diccionario de términos históricos y afines*. Ediciones AKAL. (MINIAMBIENTE, 2014)
- (Macarthur,Hacia una economía circular: ELLEN MACARTUR FOUNDATION. ( 2014)
- (Ramos Lara & Córdoba Cerón , 2013)



