XV REUNIÓN TÉCNICA NACIONAL DE Palma de Aceite

25 al 27 de septiembre de 2019 • Bucaramanga, Colombia

Sostenibilidad y eficiencia para la palmicultura colombiana

Humedales artificiales: una alternativa efectiva como tratamiento terciario para el saneamiento de efluentes provenientes del beneficio de la palma.

William A. Reyes[1], Alexis González Díaz[1], Jaime H. Acero Hernandez[1] y Jesús A. García Núñez[2,]

Centro de Investigación en Palma de Aceite (CENIPALMA) – Alianza del Humea

ALIANZA DEL HUMEA

cenipalma

Introducción.

¿Qué son los humedales artificiales?

Sistemas de **fitosaneamiento** de aguas residuales, el sistema como tal, parte del desarrollo vegetativo de **macrófitas** enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado o flotantes.

Interacción **química**, **física** y **biológica** mediante la cual, el agua residual es depurada de gran cantidad de contaminantes.

Aplicaciones de los humedales artificiales

- Aguas de producción **industrial** (productos químicos, farmacéuticos, producción de papel, cosméticos, refinerías, mataderos, producción pecuaria, etc.).
- Aguas domésticas.
- Efluentes de actividad sísmica y minera.
- Aguas de producción **agroindustrial**, entre otros.

- Degradación microbiana
- Sedimentación
- Absorción
- Volatilización
- Principios biológicos, químicos y físicos

(Arias, Betancur, Gómez, Salazar, & Hernández, 2010; Z. García, 2012).

Introducción.

¿De qué se componen los humedales artificiales?

Sustrato o material granular

- **Soporte al material** vegetal del cual se esté haciendo uso.
- **Fija la carga bacteriana a modo de flóculos** suspendidos en el mismo sustrato, que interactúan con las plantas para la depuración de los contaminantes.

Materiales vegetales

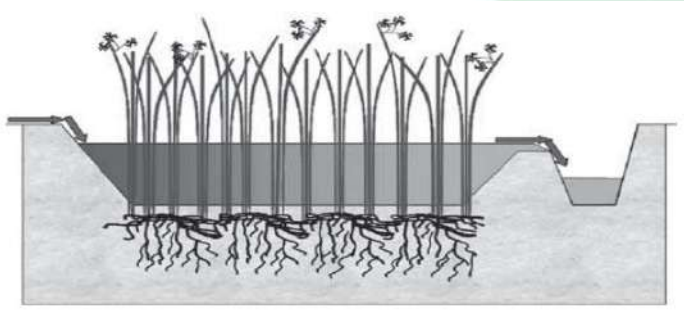
- Macrófitas **emergentes o flotantes**, que ayudan a la oxigenación del sustrato a nivel de la rizosfera.
- Desarrollo de películas y flóculos bacterianos fijados al sustrato.
- Control de compuestos contaminantes por fijación, absorción y extracción.

Agua residual

- Producto de diferentes actividades socioeconómicas, que circula a través de los sistemas de humedales artificiales.

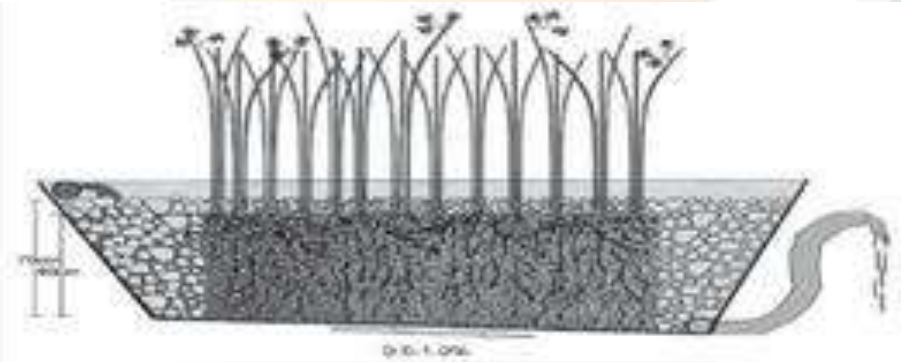
(Arias et al., 2010; J. Rodríguez et al., 2010; Vymazal, 2007).

Introducción.

Tipo de humedal y características	Humedal
Humedales artificiales de macrófitas flotantes: precisan de material vegetal flotante que **generan raíces largas**, con la capacidad de interactuar con el flujo y depurar los sistemas, son **altamente eficientes**. Su profundidad oscila entre los **0,3 - 1,5 m.**	
Humedales artificiales de flujo superficial: son los sistemas en los cuales **el agua fluye a través de los tallos de las plantas**. Se encuentra en contacto directo con la atmósfera, puede almacenar diversidad biótica, por estas características, logra una interacción bastante productiva. Estructuralmente **no llegan a medir más de 0,6 m de profundidad.**	

(Delgadillo et al., 2010).

Introducción.

Tipo de humedal y características	Humedal
<u>Humedales de flujo subsuperficial:</u> a diferencia de los anteriores, este tipo de humedales presenta la circulación del agua a través de un **medio granular como grava**, los materiales vegetales a ser implementados, se siembran sobre la grava, **estando el agua en contacto con los rizomas y las raíces de las plantas.**	

(Delgadillo et al., 2010).

Introducción.

Nombre común	Nombre científico
Buchón de agua o Jacinto de agua	*Eichhornia crassipes*

Criterios para la selección del tipo de humedal a ser utilizado como tratamiento terciario en el STAR de Alianza del Humea.

1. Revisión de la literatura (Humedales artificiales - macrófitas flotantes para la remoción de contaminantes – cloruro)

2. Búsqueda de materiales vegetales para ser utilizados como tratamiento terciario.

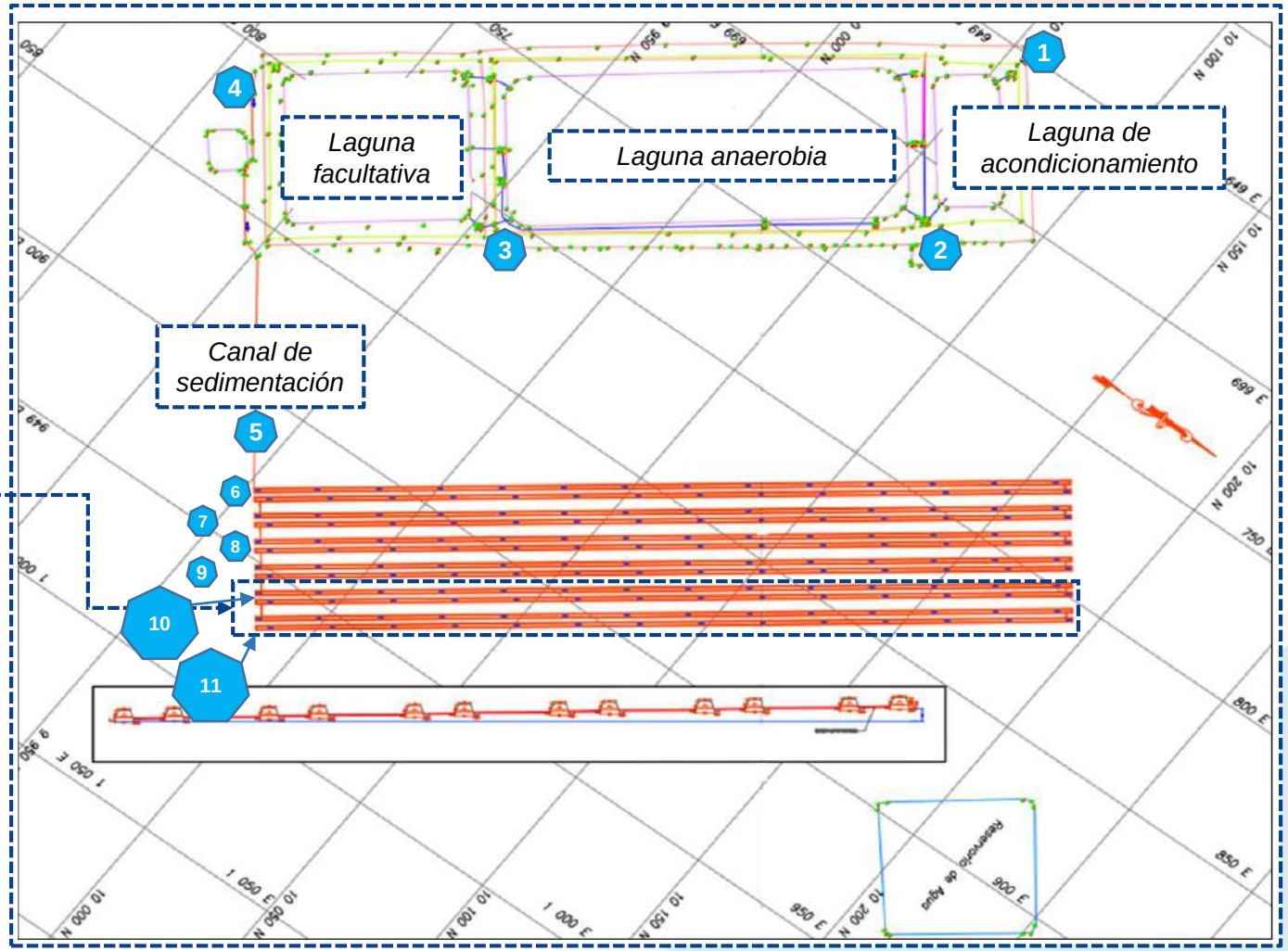
3. Selección de un material vegetal propio de la zona o fácilmente encontrado en zonas trópicas.

Objetivo.

Establecer el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) asociado a la Planta de Beneficio de Alianza del Humea, que implementa humedales artificiales (**buchón de agua**) como tratamiento terciario de depuración, con miras al cumplimiento de la **Resolución 0631 del 2015.**

Metodología.

STAR de Alianza del Humea y puntos de muestreo



Metodología.

Toneladas procesadas durante la semana del 11 - 15 de marzo 2019

Mes	Día	t RFF
Marzo	Lunes	577,44
	Martes	456,96
	Miércoles	648,81
	Jueves	659,65
	Viernes	629

Efluentes generados durante la semana del 11 - 15 de marzo 2019

Tipo de efluente	Caudal (L/s)
Efluente de Planta de Beneficio (POME)	7,6
Efluente STAR	5,4

Puntos de muestreo en el STAR semana del 11 - 15 de marzo 2019

Punto de muestreo	Numeración	Número de muestras tomadas
Afluente-Entrada laguna de acondicionamiento (Efluente Planta de Beneficio)	1	10
Salida laguna de estabilización-entrada laguna anaerobia	2	10
Salida laguna anaerobia-Entrada laguna facultativa	3	10
Salida laguna facultativa-Entrada canal de sedimentación	4	10
Salida canal de sedimentación-Entrada canales	5	10
Primer tramo de 2 canales	6	10
Segundo tramo de 2 canales	7	10
Tercer tramo de 2 canales	8	10
Cuarto tramo de 2 canales	9	10
Quinto tramo de 2 canales	10	10
Salida canales-Vertimiento de STAR	11	10

Metodología.

Análisis de las muestras: Laboratorio de Procesamiento de CENIPALMA - CEPC

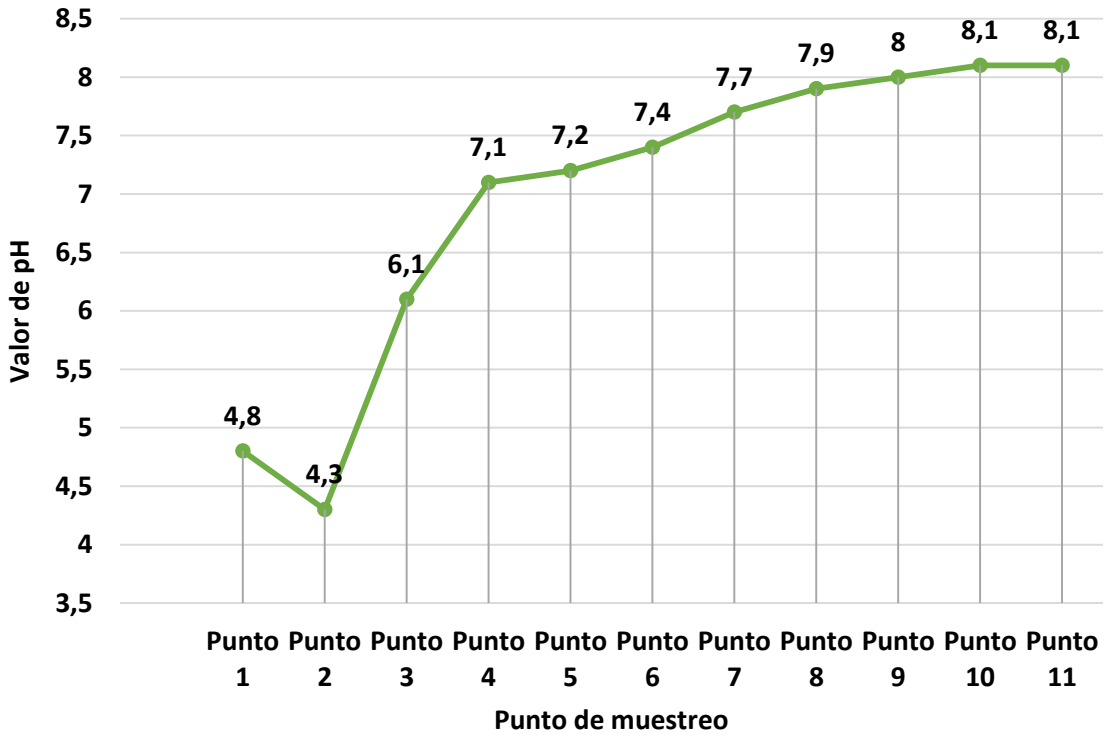
NOTA: las metodologías utilizadas para la determinación de los parámetros analíticos de la presente investigación, fueron tomadas de los métodos estándar para el análisis de aguas y aguas residuales (**Standard methods for the examination of water and wastewater 23ª edition**).

Parámetros fisicoquímicos analizados en las aguas del STAR

Parámetro	Unidad	Número de análisis realizados durante el estudio
Aceites y Grasas (AyG)	mg AyG/L	110
Cloruros	mg Cl^-/L	110
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	110
Fosforo	mg PO_4^{-3}/L	110
Nitrógeno Total (NT)	mg NT/L	110
Oxígeno disuelto	mg O_2/L	110
pH	Unidades de pH	110
Sólidos Sedimentables (SSED)	mg SSED/L	110
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg SST/L	110
Sólidos Totales (ST)	mg ST/L	110
Temperatura	°C	110

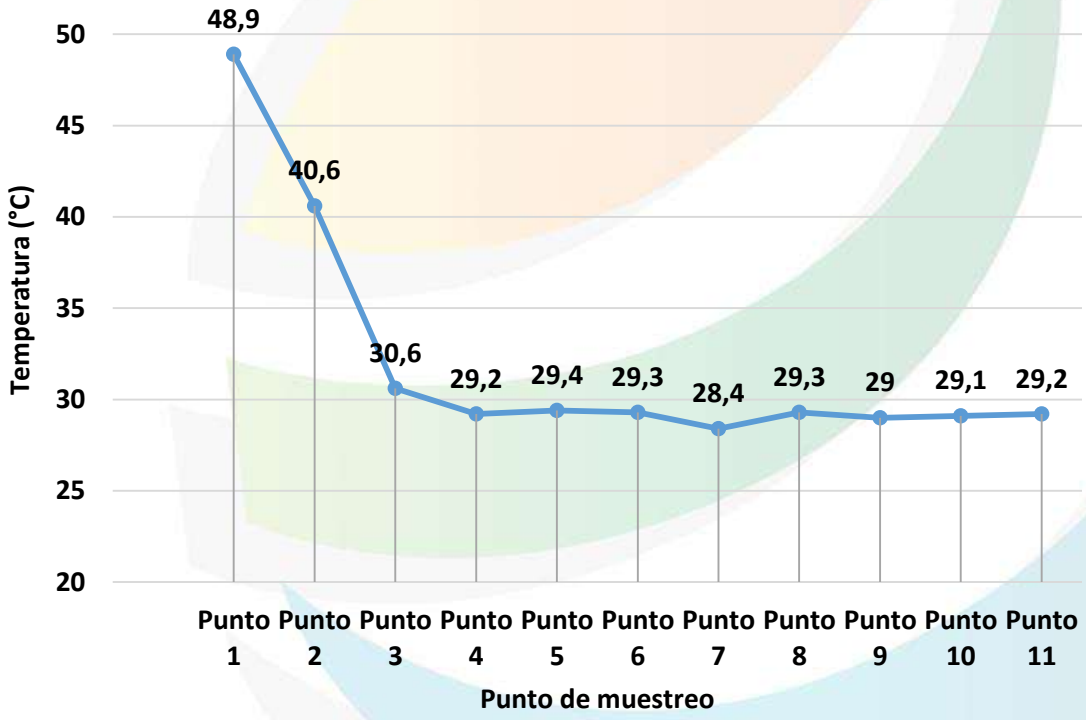
Resultados.

Comportamiento del pH en el STAR



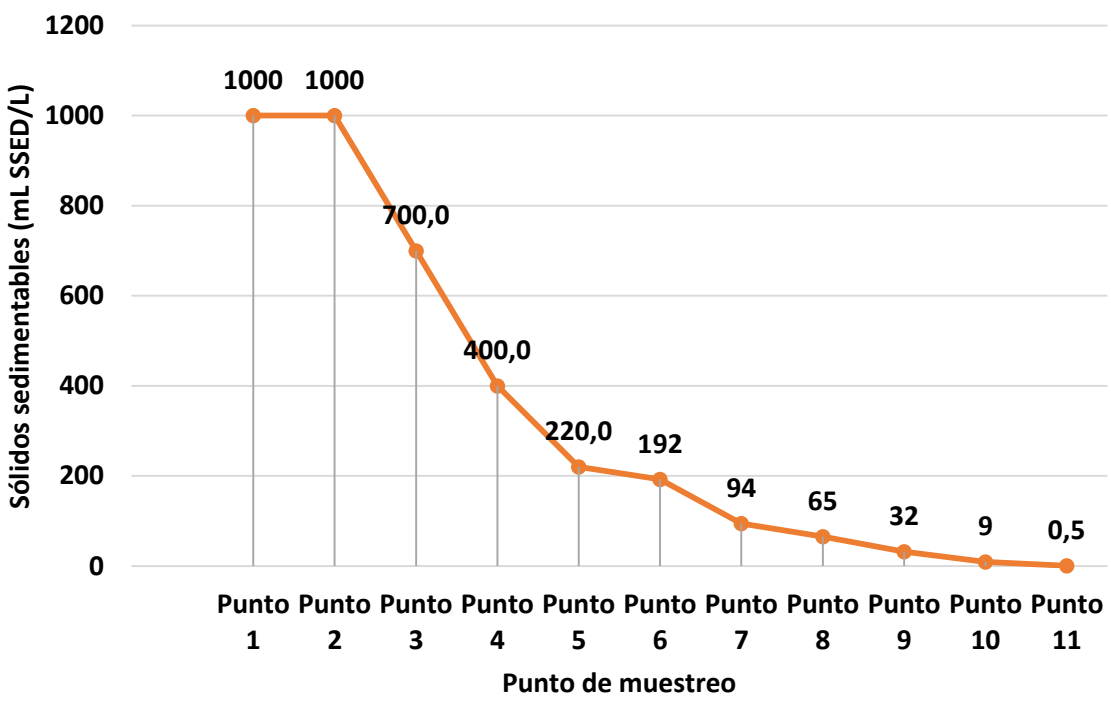
Límite máximo permisible Resolución 0631/2015: 6 a 9 unidades de pH.

Comportamiento de la temperatura en el STAR



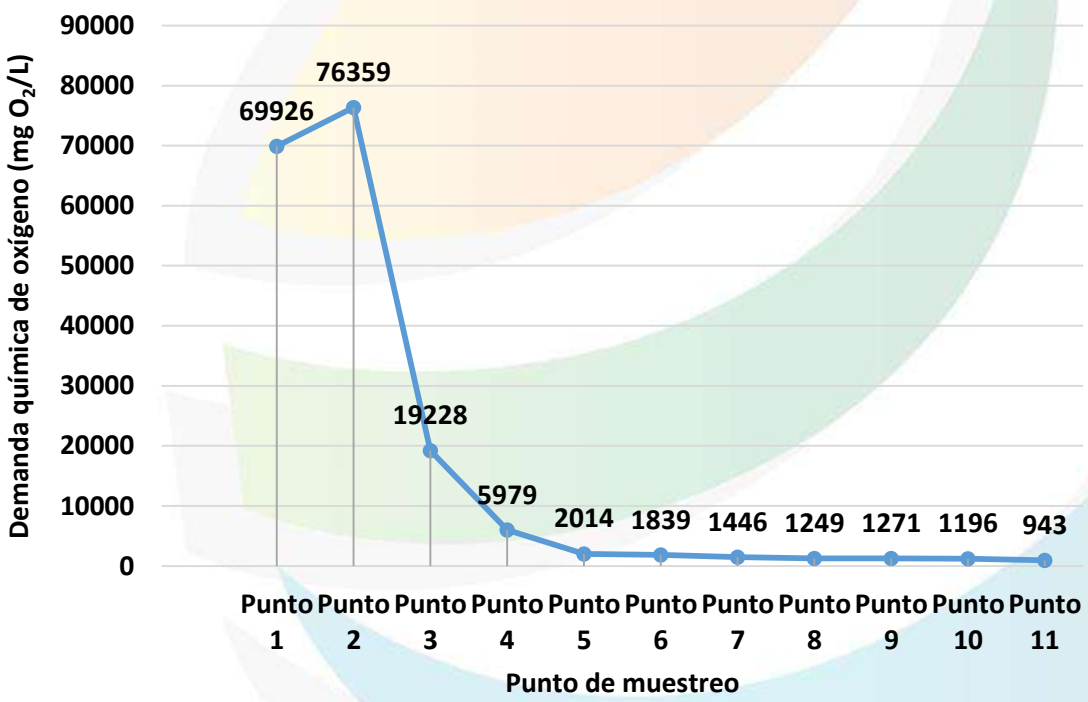
Resultados.

Comportamiento de los sólidos sedimentables en el STAR



Límite máximo permisible Resolución 0631/2015: 2,0 mL SSED/L.

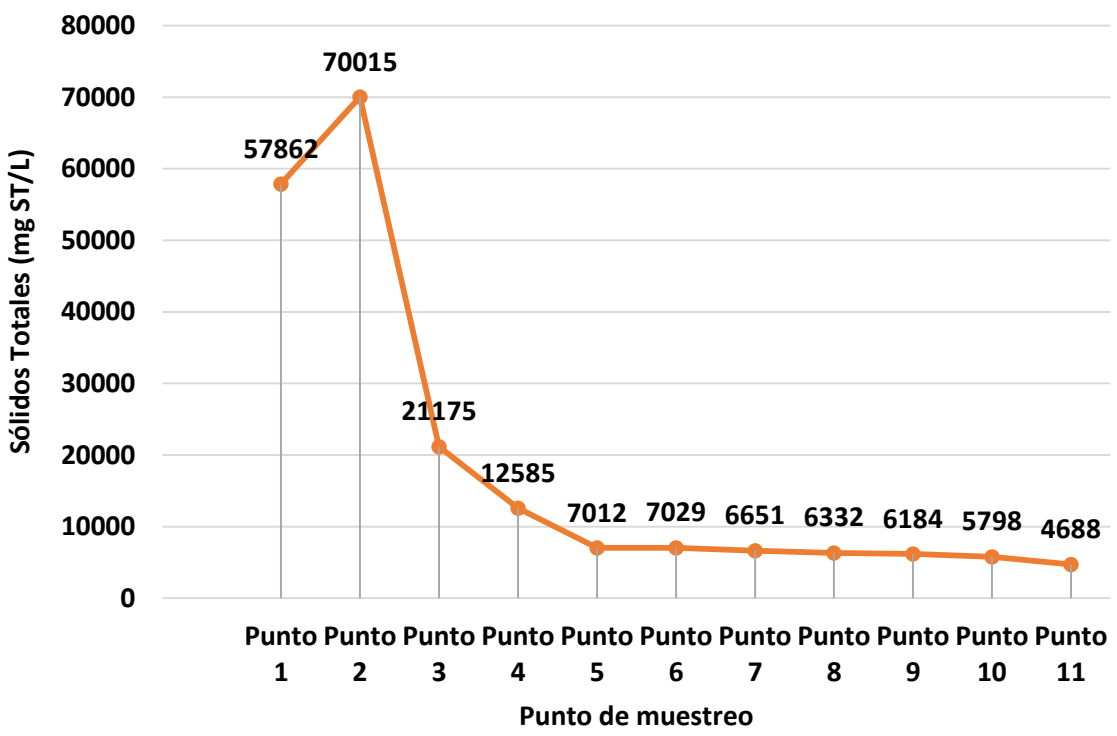
Comportamiento de la demanda química de oxígeno - DQO en el STAR



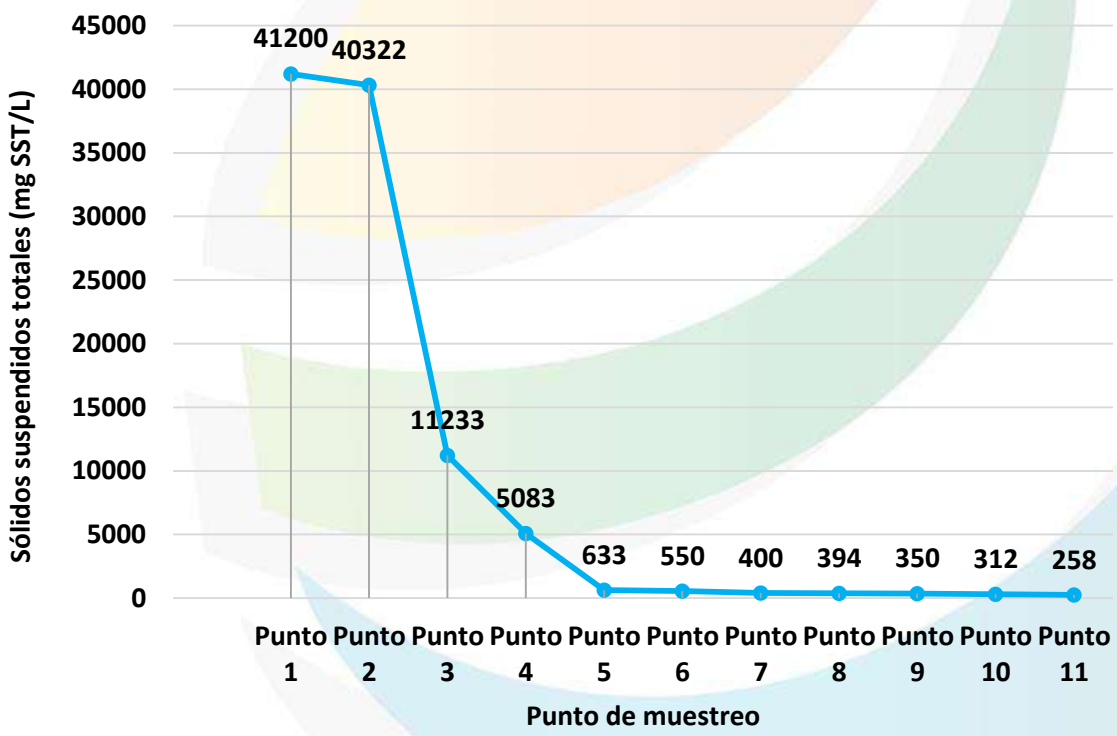
Límite máximo permisible Resolución 0631/2015: 1500 mg O_2/L.

Resultados.

Comportamiento de los sólidos totales en el STAR



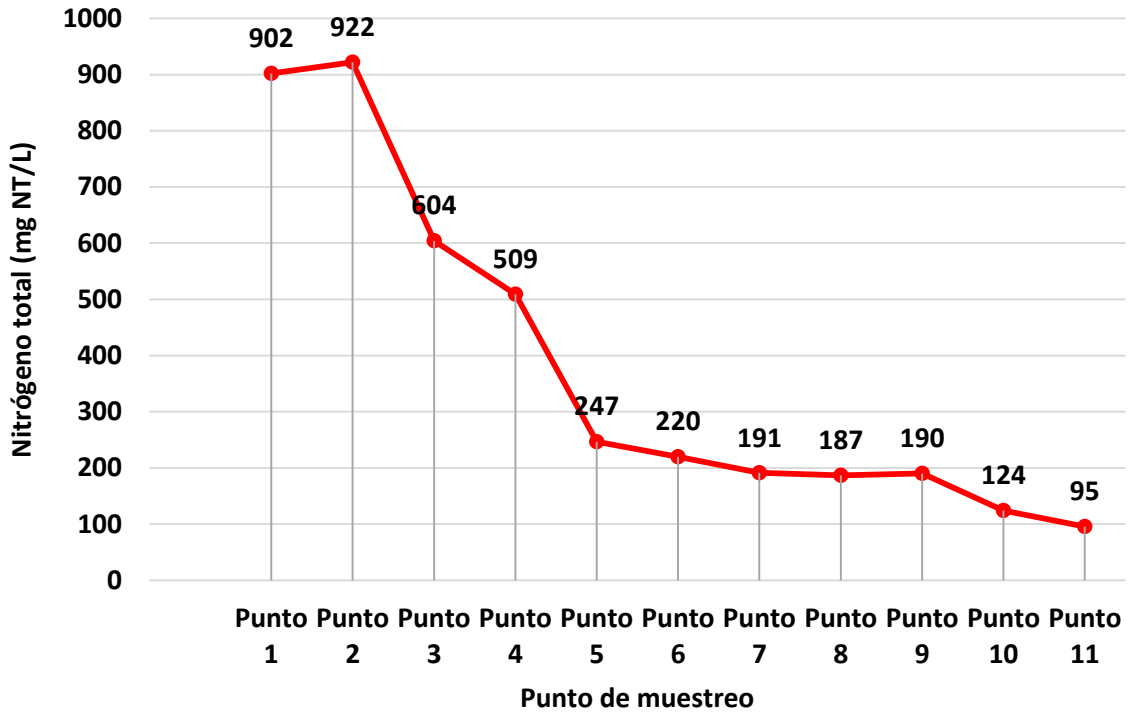
Comportamiento de los sólidos suspendidos totales en el STAR



Límite máximo permisible Resolución 0631/2015: 400 mg SST/L.

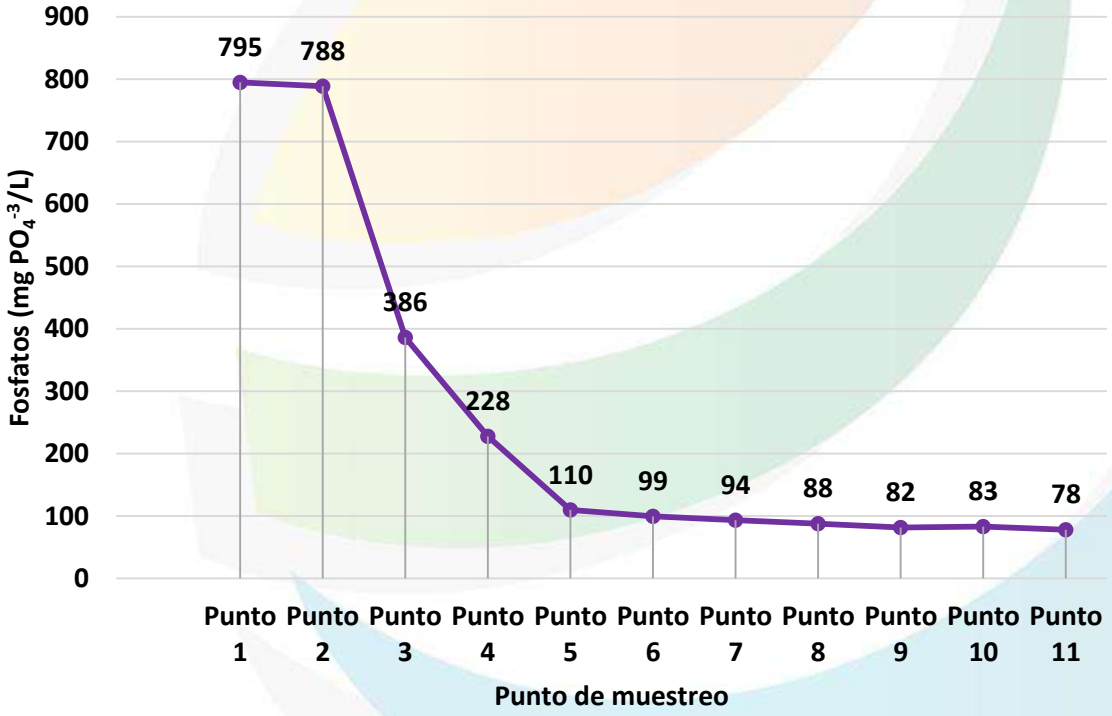
Resultados.

Comportamiento del nitrógeno total en el STAR



Límite máximo permisible Resolución 0631/2015: Análisis y reporte.

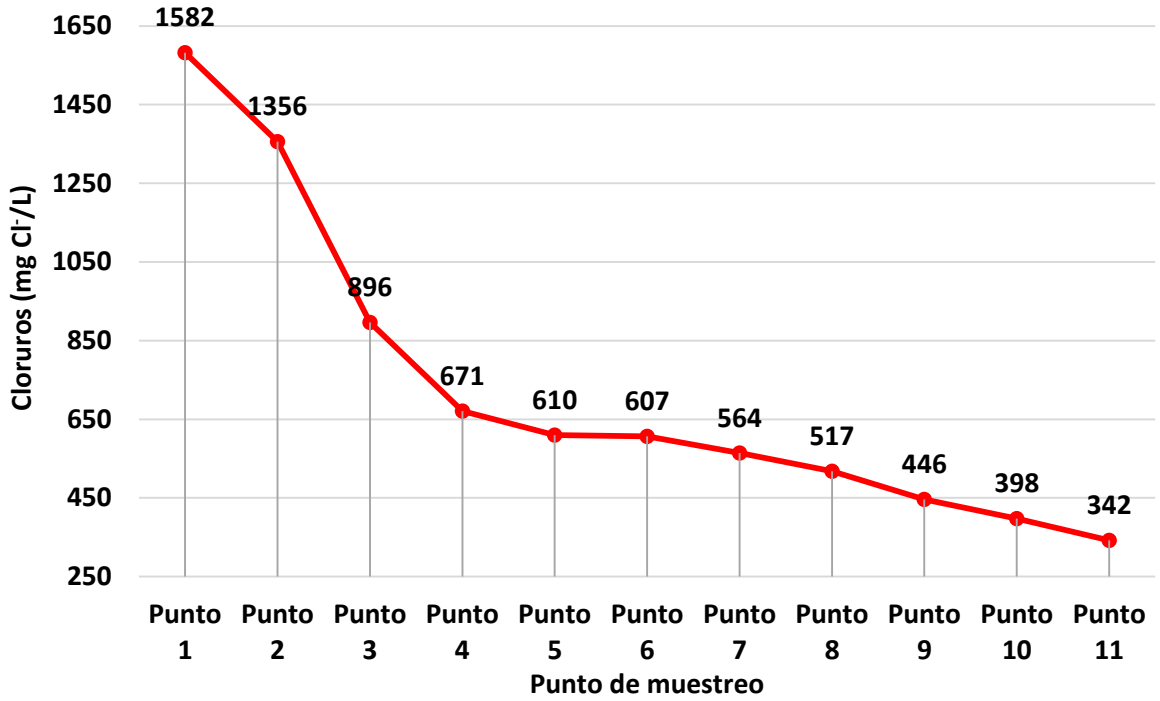
Comportamiento de los iones fosfato en el STAR



Límite máximo permisible Resolución 0631/2015: Análisis y reporte.

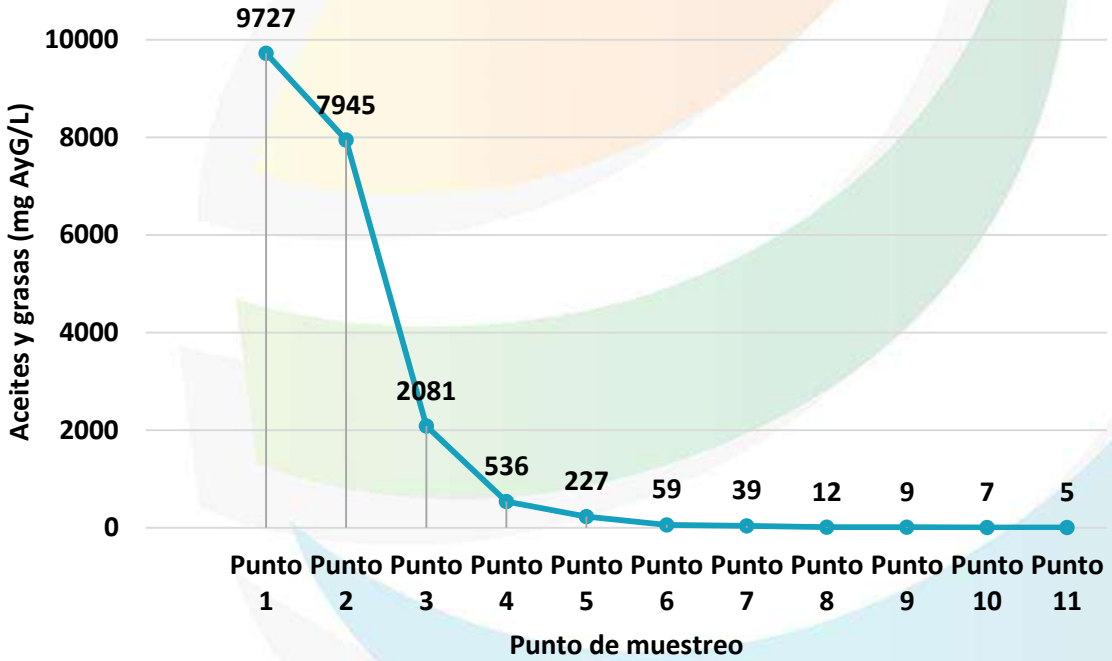
Resultados.

Comportamiento de los iones cloruro en el STAR



Límite máximo permisible Resolución 0631/2015: 500 mg Cl^-/L.

Comportamiento de los aceites y las grasas en el STAR



Límite máximo permisible Resolución 0631/2015: 20 mg AyG/L.

Resultados.

% Remoción de contaminantes en el STAR – Alianza del Humea (2019)

Parámetro	Entrada al STAR (Punto 1)	Salida STAR (Punto 11)	Resolución 0631/2015			%Remoción de contaminantes del STAR
			Límite máximo	Cumple	Incumple	
pH	4,8	8,1	6 a 9	X		-
Temperatura (°C)	48,9	29,2	N.A	X		-
Demanda Química de Oxígeno (mg O_2/L)	69926	943	1500	X		**98,65**
Sólidos totales (mg ST/L)	57862	4688	N.A	X		91,90
Sólidos suspendidos totales (mg SST/L)	41200	258	400	X		99,37
Sólidos sedimentables (mL SSED/L)	1000	0,5	2	X		99,95
Aceites y grasas (mg AyG/L)	9475	5,47	20	X		99,94
Cloruros (mg Cl^-/L)	1582	342	500	X		**78,38**
Nitrógeno (mg NT/L)	902	95	Análisis y reporte	X		89,47
Fosfatos (mg PO_4^{-3}/L)	795	78	Análisis y reporte	X		90,19

% Remoción de contaminantes en humedales artificiales – Alianza del Humea (2019)

Parámetro	Entrada canales + Buchón de agua (Punto 5)	Salida canales + Buchón de agua (Punto 11)	% Remoción humedal (2019)
Demanda química de oxígeno mg O_2/L)	2014	943	53,18
Nitrógeno (mg NT/L)	247	95	61,54
Fosfatos (mg PO_4^{-3}/L)	110	78	29,09
Cloruros (mg Cl-/L)	610	342	43,84

Ventajas de la implementación de humedales artificiales.

- Consumo energético nulo, debido a que el proceso de depuración lo realizan plantas.
- Integración ambiental excelente, porque sustituye máquinas por una plantación de macrófitas.
- Su operación es menos complicada, menos peligrosa.
- Requiere menos medios para mantenerse en su punto óptimo, en comparación con sistemas mecánicos
- Programa de mantenimiento más sencillo y fácil de seguir.
- No se utilizan compuestos químicos como floculantes ni coadyuvantes.
- Alta capacidad para la remoción de contaminantes

Conclusiones.

- ✓ Gracias a la implementación del sistema de humedales artificiales, como tratamiento terciario acoplado al STAR de la planta de beneficio de Alianza del Humea, se ha logrado el cumplimiento de las exigencias ambientales de Cormacarena (**Resolución 0631 del 2015**), desde el año 2017.

- ✓ El porcentaje de remoción de cloruros en los efluentes, representa quizás, una de las características más llamativas de la implementación de sistemas de humedales artificiales con macrófitas flotantes (Buchón de agua). **Sin embargo, es importante recalcar el trabajo responsable que debe hacerse con este tipo de especies vegetales**, los controles y tiempos adecuados de cosecha de las plántulas en el sistema, además de su disposición.

- ✓ Al tratarse de una de las macrófitas flotantes con mayor capacidad para la remoción de contaminantes según la literatura, la **biomasa** generada durante la cosecha de los buchones de agua, puede ser parte de **agregados orgánicos** con alto concentración de nitrógeno, fosforo y otros nutrimentos que conforman su estructura.

Agradecimientos.

- ✓ Al Programa de Procesamiento del Centro de Investigación en Palma de Aceite – Cenipalma.

Muchas gracias.