



**XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE**  
2023

## **Humedales artificiales para el tratamiento terciario de efluentes de planta de beneficio:**

### **Implementación de buchón de agua en el STAR de Alianza del Humea S.A.S**

**Cristian A. Murillo P., Roger Bohórquez y René Saldarriaga Estrada**  
Coordinador Ambiental  
Alianza del Humea S.A.S

**Diana Catalina Chaparro Triana, Alexis Gonzalez Diaz y Jesús Alberto García Núñez**  
Apoyo en investigación  
Cenipalma

2023



# Alianza del Humea S.A.S



XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023



Inicio de operaciones  
Dic 2022

2012



Cap. Instalada  
24 t/h

2022



Cap. Instalada  
45 t/h



Procesamiento:

- **E. Guineensis:** 60%
- **OxG:** 40%



RSPO  
APS Colombia  
ISCC

Acuerdo cero deforestación



ALIANZA  
DEL HUMEA



2-0970-19-100-00



PS-NE002-23-69260



Foto  
PB Alianza del Humea S.A.S





XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023



# Factores de éxito y lecciones aprendidas en la implementación de humedales artificiales con Buchón de agua (*Eichhornia crassipes*), en sistemas de tratamiento de efluentes de planta de beneficio

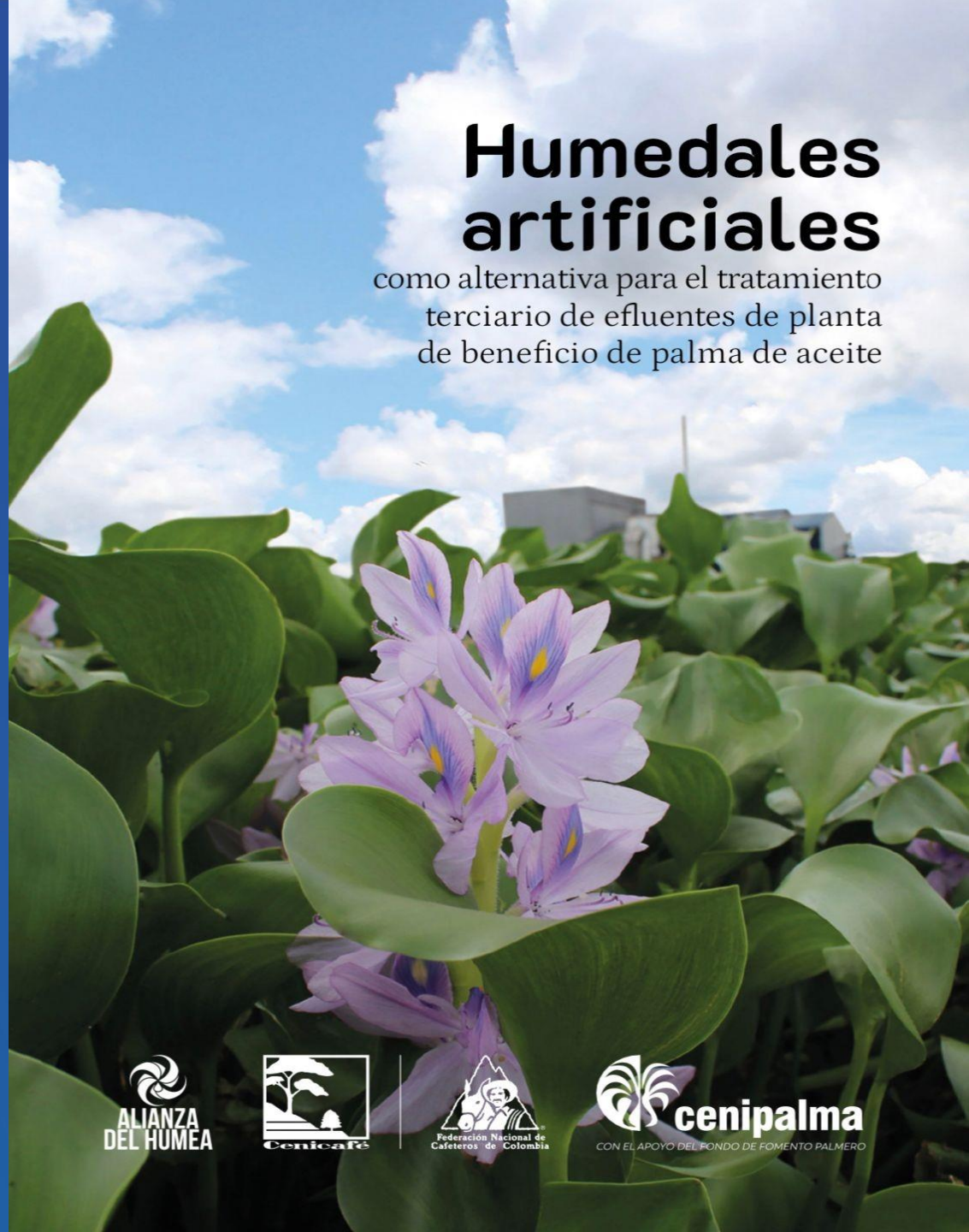
Cristian A. Murillo P., Roger Bohórquez y René Saldarriaga Estrada  
Coordinador Ambiental  
Alianza del Humea S.A.S

Diana Catalina Chaparro Triana, Alexis Gonzalez Diaz y Jesús Alberto García Núñez  
Apoyo en investigación  
Cenipalma

2023

## Humedales artificiales

como alternativa para el tratamiento terciario de efluentes de planta de beneficio de palma de aceite



CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO

# Contenido



XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023

1

Objetivo

2

Antecedentes normativos

3

Contexto

4

Lecciones aprendidas y factores de éxito en la implementación de humedales artificiales

5

Costos

6

Conclusiones

7

Referencias

1

# Objetivo



XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023

Identificar los **aspectos clave** que han permitido obtener resultados positivos, durante la implementación y la operación de humedales artificiales operados con Buchón de agua, como **tratamiento terciario**, en la depuración de las aguas residuales generadas en planta de beneficio de **Alianza del Humea S.A.S.**





## 2

# Antecedentes normativos

**Tabla 1.** Decreto 1594 de 1984 (entró en vigencia a partir del año 1994 hasta el 2015).

Parámetro Decreto 1594	Unidad	Limite
Temperatura	°C	< 40
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y Aceite	Remoción (%)	> 80
Sólidos suspendidos, domésticos o Industriales	Remoción (%)	> 80
DQO	Remoción (%)	> 80
DBO	Remoción (%)	> 80

**Fuente:** Decreto 1594/1984. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1984).



**Cloruro de potasio**



Deficiencia en el sistema de lagunas de oxidación para la remoción de Cloruros.



XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023

**Tabla 2.** Resolución 0631 de 2015 (entró en vigencia a partir del año 2015. Vigente actualmente).

Parámetro Resolución 0631	Unidad	Limite
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	1.500
Cl <sup>-</sup>	mg Cl <sup>-</sup> /L	500
DBO	mg O <sub>2</sub> /L	600
Grasas y Aceites	mg/L	20
Sólidos Sedimentables	mg/L	2

**Fuente:** Resolución 0631/2015. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015).

# 3

# Contexto



XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023



**Figura 1.** Construcción del sistema de canales para el establecimiento de los humedales: 12 canales con una longitud de 200 m.

- Ancho 0,80 m.
- Altura 0,80 m.
- Ancho 1,30 m.
- Canales impermeabilizados con geomembrana calibre 0,75 mils

**Fotos:** Alianza del Humea S.A.S – Enero del 2018.

# Buchón o jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)



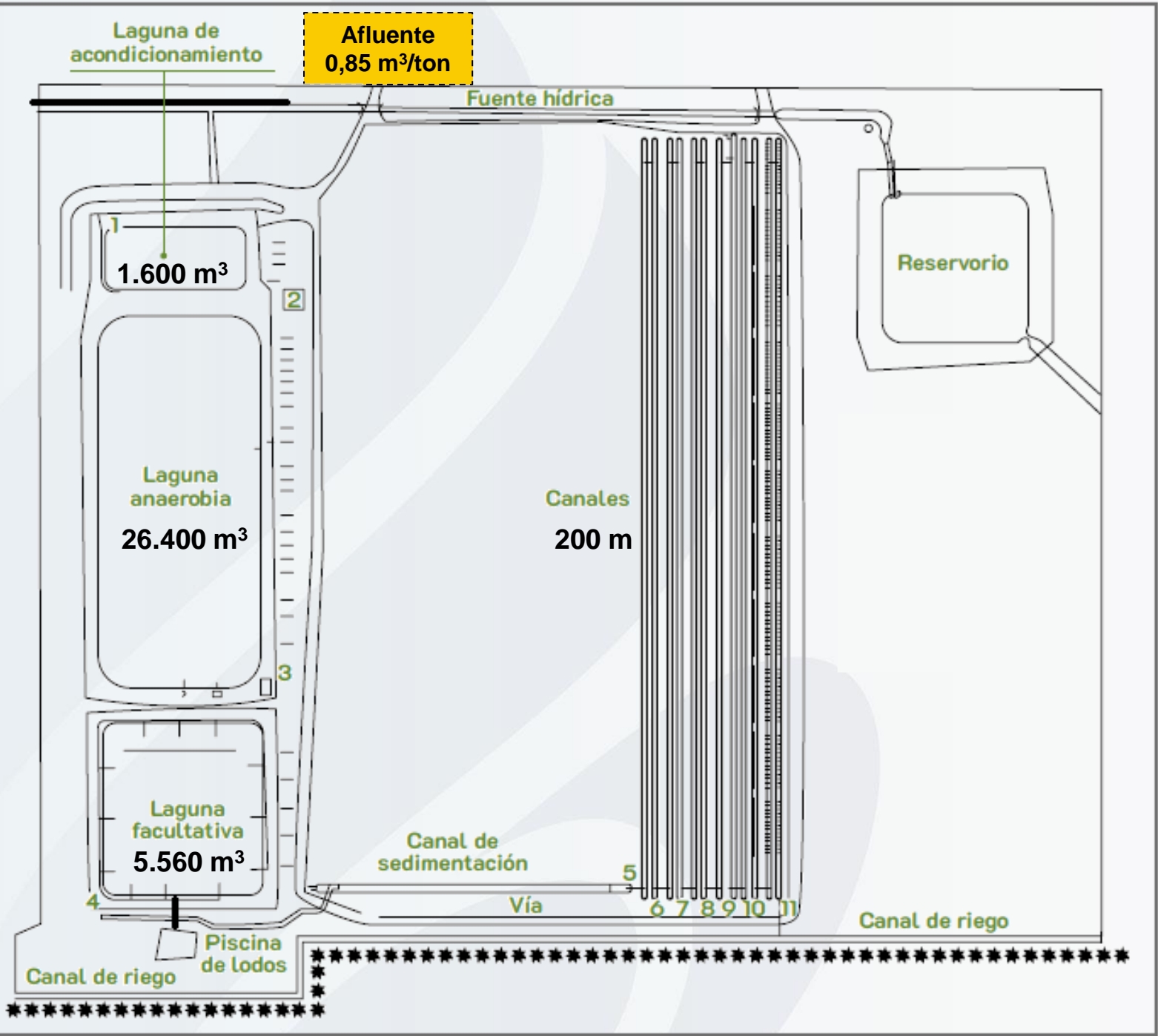
XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023

Es una planta acuática de la familia *Pontederiaceae*. Se caracteriza por tener pecíolos esponjosos e inflados, que le permiten flotar y mantenerse sobre la superficie del agua. Es originaria de las aguas dulces de las regiones cálidas de América del Sur, específicamente de las cuencas Amazónicas.

Tiene hojas lobuladas de color verde intenso y sus flores son de color malva casi moradas.







XVIII  
**REUNIÓN TÉCNICA  
 NACIONAL**  
 DE PALMA DE ACEITE  
 2023

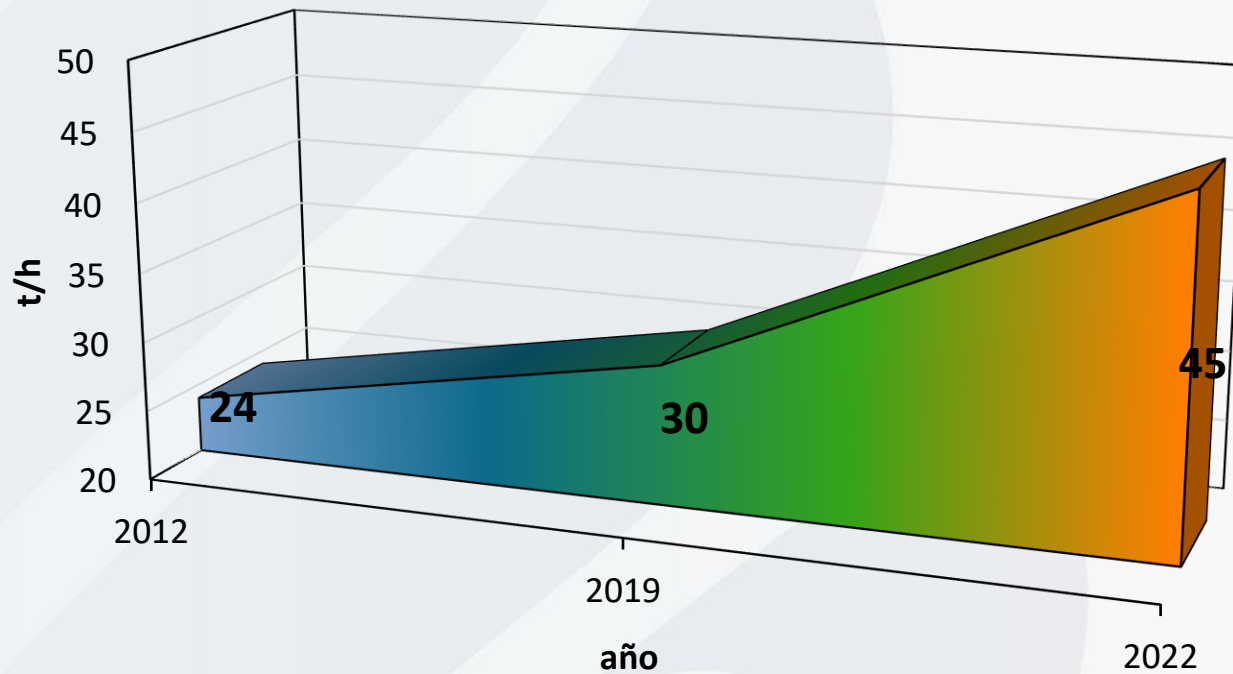


# STAR de Alianza del Humea S.A.S

**Figura 2.** Plano del sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de beneficio de Alianza del Humea S.A.S. (vista aérea).

Fuente: Gonzalez-Diaz, A, Rodríguez V., N, García-Núñez, J, Ruiz Á., E, Acero H., J y Reyes A., W. (2022).

# Historial de producción



**Figura 3.** Aumento Capacidad Instalada de prensado Alianza del Humea S.A.S.



**Implementación del sistema de canales de sedimentación.** Última adecuación realizada al STAR.

En el año 2018 se tenía una capacidad de prensado de 24 t/h.

# 4

## Lecciones aprendidas y factores de éxito en la implementación de humedales artificiales

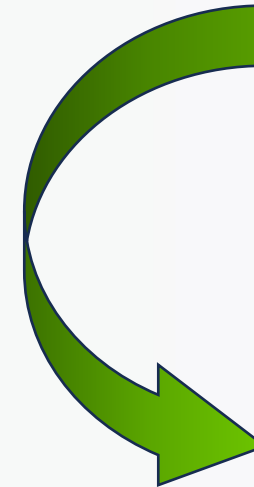


**Figura 4.** Proceso de activación laguna facultativa.

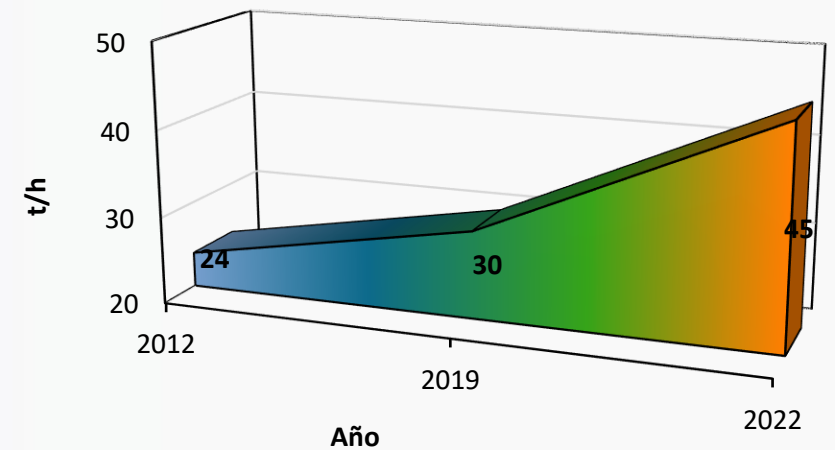
*Foto: Alianza del Humea S.A.S, laguna facultativa en proceso de activación.*



XVIII  
**REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL**  
DE PALMA DE ACEITE  
2023



Oportunidades de mejora relacionadas con el aumento de la producción de efluentes de la planta de beneficio = Aumento de carga orgánica y los volúmenes a tratar en el sistema de tratamiento.





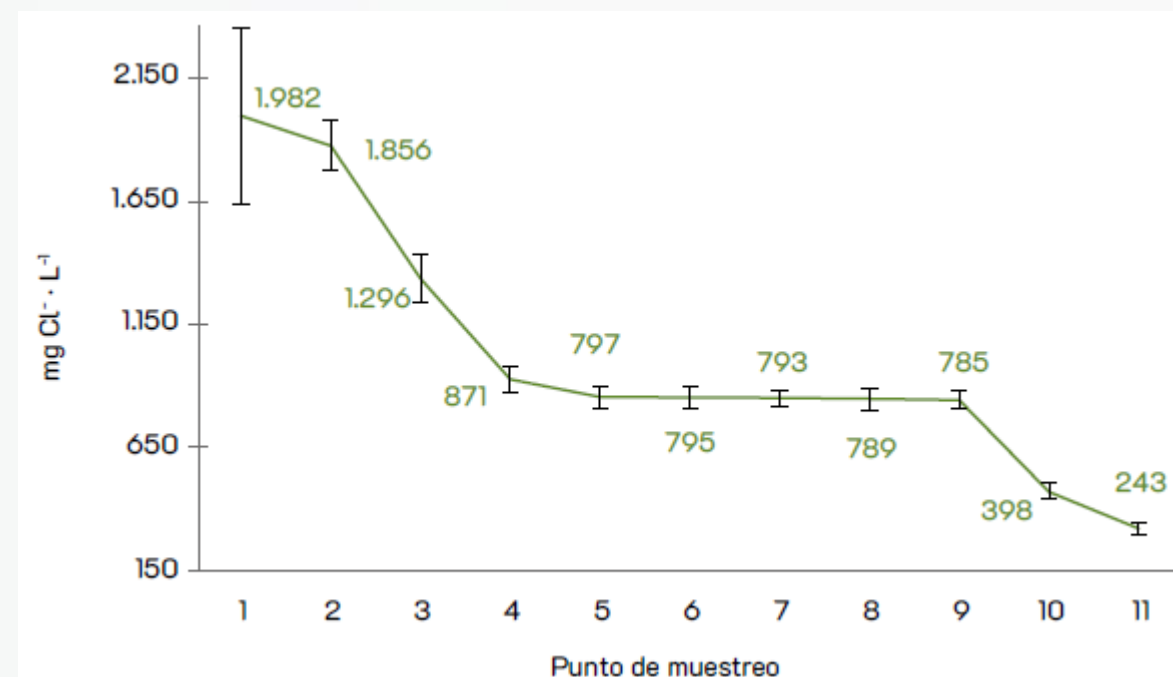
# Análisis de funcionalidad



XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023

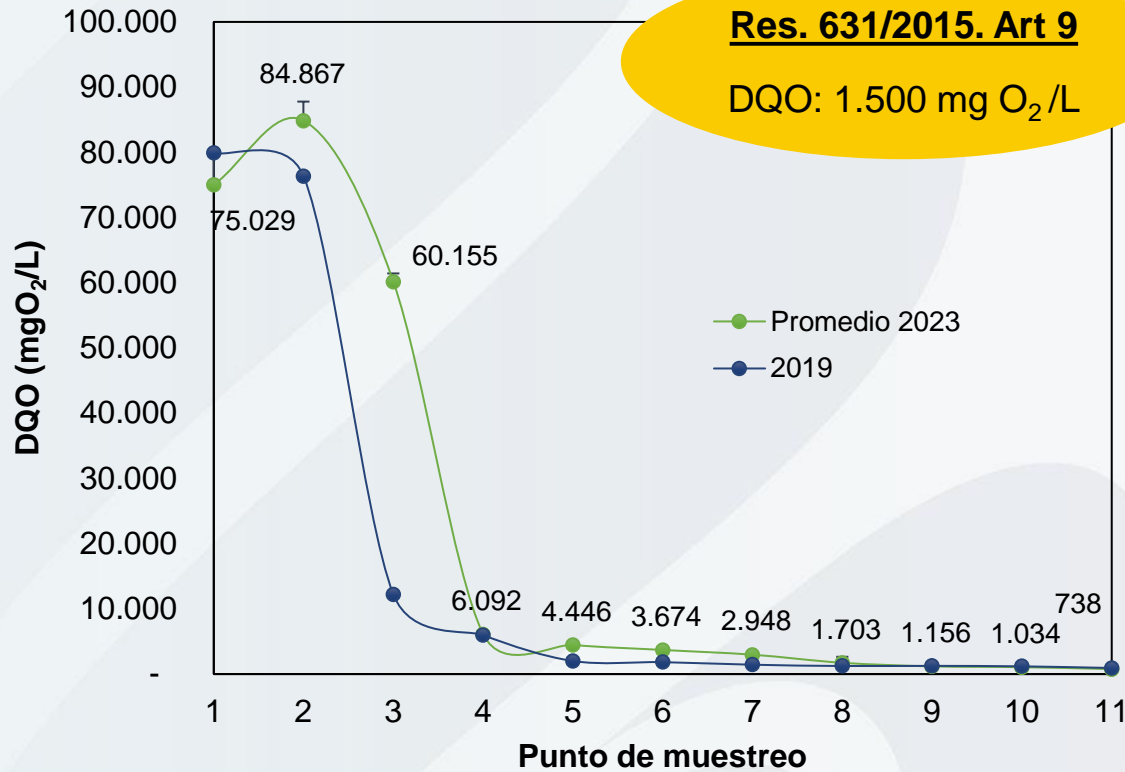
**Tabla 3.** Puntos de muestreo para la caracterización de parámetros fisicoquímicos.

PUNTO	DESCRIPCIÓN
<b>Punto 1</b>	<b>Ingreso laguna enfriamiento</b>
Punto 2	Ingreso laguna anaerobia
Punto 3	Ingreso laguna facultativa
Punto 4	Salida laguna facultativa
<b>Punto 5</b>	<b>Ingreso canales de sedimentación</b>
Punto 6	Canal número tres
Punto 7	Canal número cinco
Punto 8	Canal número siete
<b>Punto 9</b>	<b>Entrada humedal artificial</b>
Punto 10	Humedad artificial
<b>Punto 11</b>	<b>Salida humedal artificial</b>

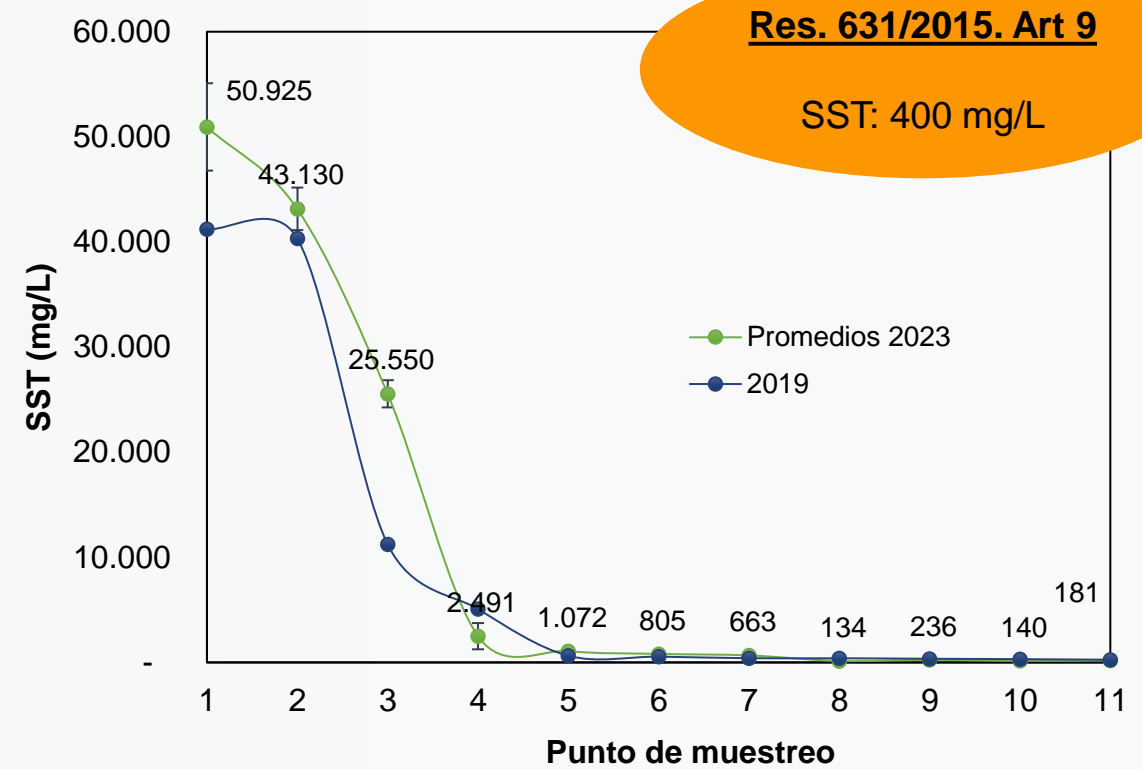


**Figura 5.** Cloruros en los puntos monitoreados del STAR. Las barras de error corresponden al error estándar de la media.

# Seguimiento al STAR, 2023



**Figura 6.** Comparación de la DQO entre el promedio del seguimiento realizado durante el 2023 y el análisis realizado en 2019.

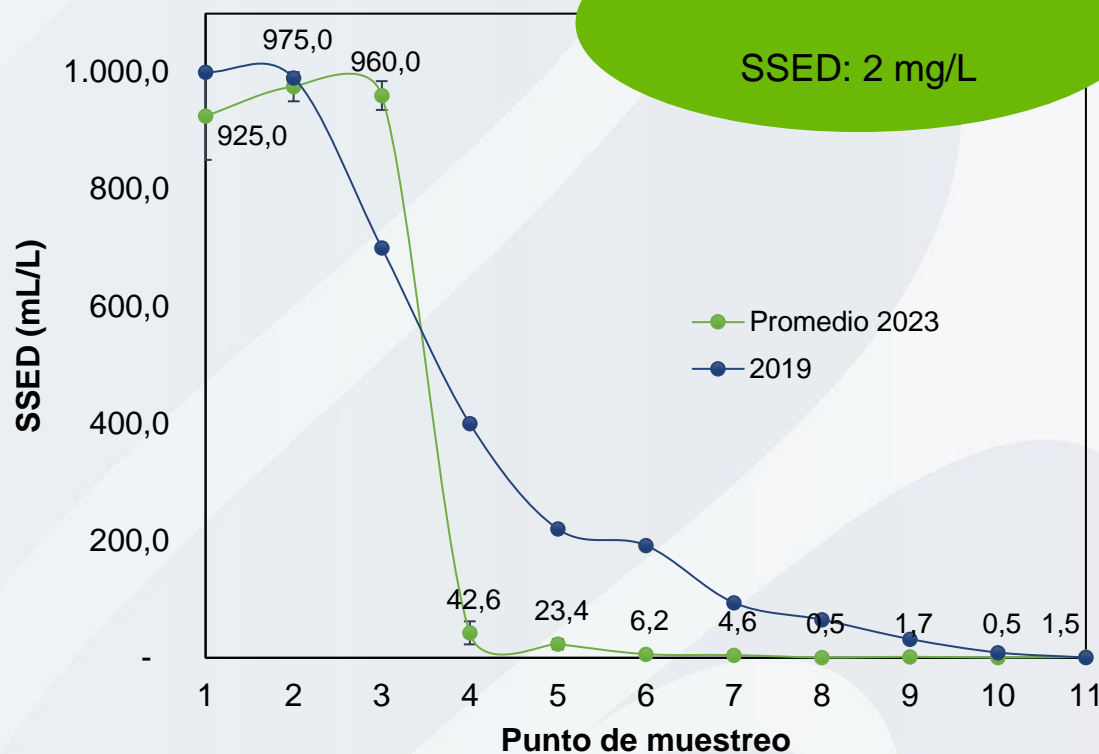


**Figura 7.** Comparación de la SST entre el promedio del seguimiento realizado durante el 2023 y el análisis realizado en 2019.

# Seguimiento al STAR, 2023

**Res. 631/2015. Art 9**

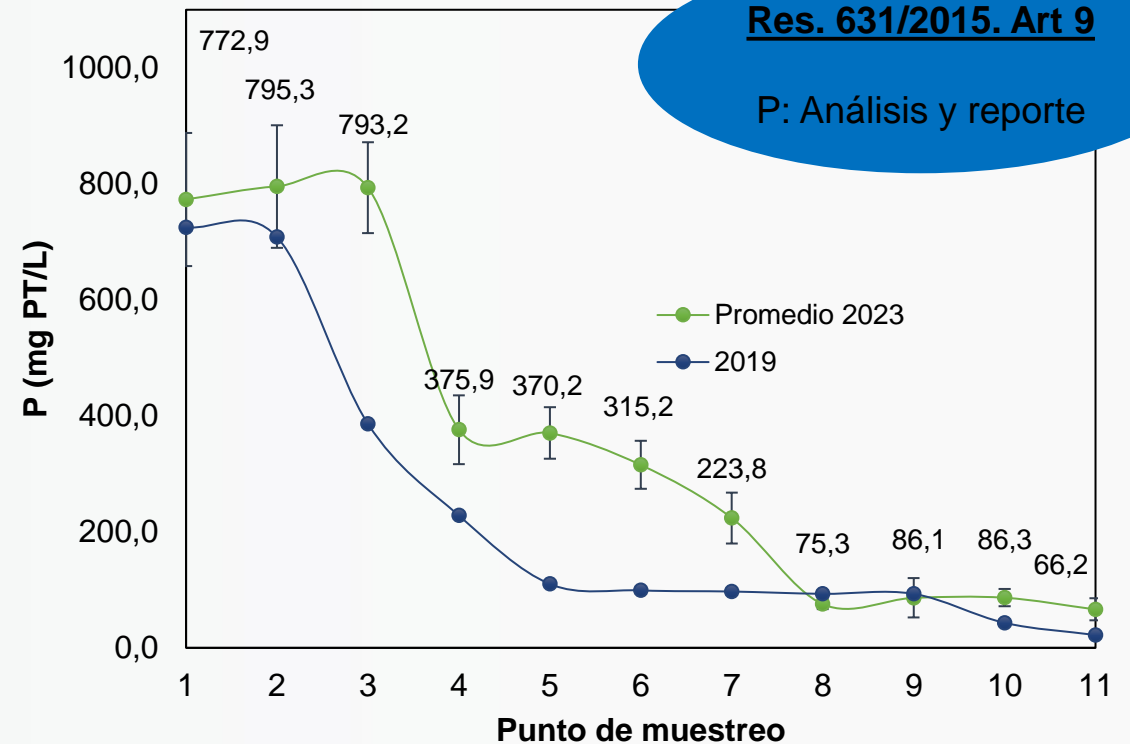
SSED: 2 mg/L



**Figura 8.** Comparación de los SSED entre el promedio del seguimiento realizado durante el 2023 y el análisis realizado en 2019.

**Res. 631/2015. Art 9**

P: Análisis y reporte



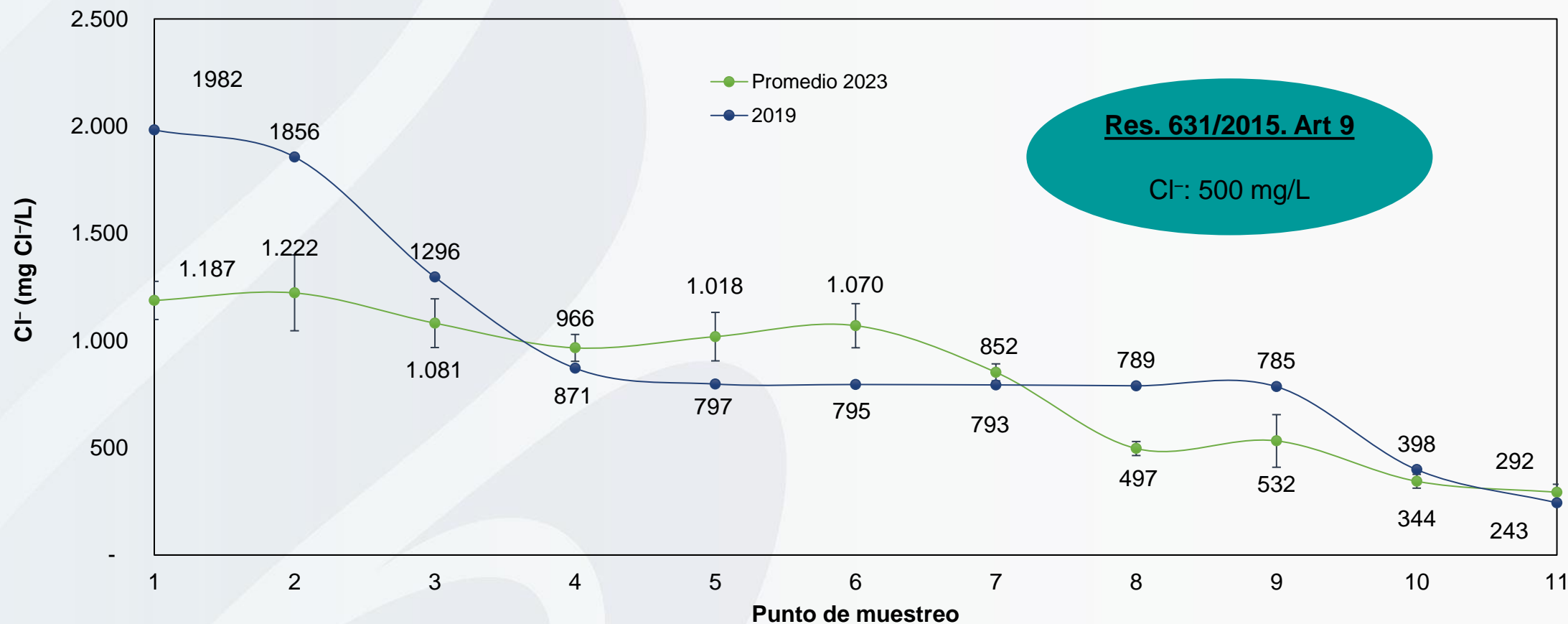
**Figura 9.** Comparación del P entre el promedio del seguimiento realizado durante el 2023 y el análisis realizado en 2019.



# Seguimiento al STAR, 2023



XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023



**Figura 10.** Comportamiento de los iones Cl<sup>-</sup> en los efluentes de la planta de beneficio. Comparativo entre el promedio del seguimiento realizado durante el 2023 y el análisis realizado en 2019.

# Lecciones aprendidas

## Meses de alta producción (I) Semestre Año

- ✓ En los meses de alta producción se deben acondicionar entre 5 y 6 canales de sedimentación con buchones de agua, debido al aumento de la concentración de cloruros al ingreso del humedal artificial.
- ✓ Se debe ajustar el cronograma para el manejo operativo del sistema (mantenimientos, podas, movimientos manuales, etc.).
- ✓ Se debe asignar personal operativo adicional de acuerdo con el cronograma de labores para el mantenimiento del humedal artificial.



XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023

## Meses de baja producción (II) Semestre Año

- ✓ En los meses de baja producción se deben acondicionar 3 canales de sedimentación con buchones de agua, debido a la reducción en la concentración de cloruros al ingreso del humedal artificial.
- ✓ Se debe ajustar el cronograma para el manejo operativo del sistema (mantenimientos, podas, movimientos manuales, etc.). Debido a esto se reducen labores propias del humedal artificial, de manque que hay una reducción en el costo operativo.



# Principios operativos



XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023

Bajo la experiencia en la ejecución del proyecto humedales artificiales – buchón de agua, se dimensionó el procedimiento con las fechas plasmadas en la **Tabla 4**, situando esta labor como prioritaria dentro del sistema de tratamiento de aguas residuales

**Tabla 4.** Procedimientos operativos para el mantenimiento del STAR de Alianza del Humea S.A.S.

Procedimientos Operativos	Periodicidad Producción alta	Periodicidad Producción baja
Mantenimiento canales de sedimentación	1 mes	2 meses
Mantenimiento manual Buchón de agua	1 mes	1,5 mes
Separación y replanteamiento Buchón de agua	1 mes	1,5 mes
Poda mecánica	2 meses	2 meses

Fuente: Alianza del Humea S.A.S, 2023.

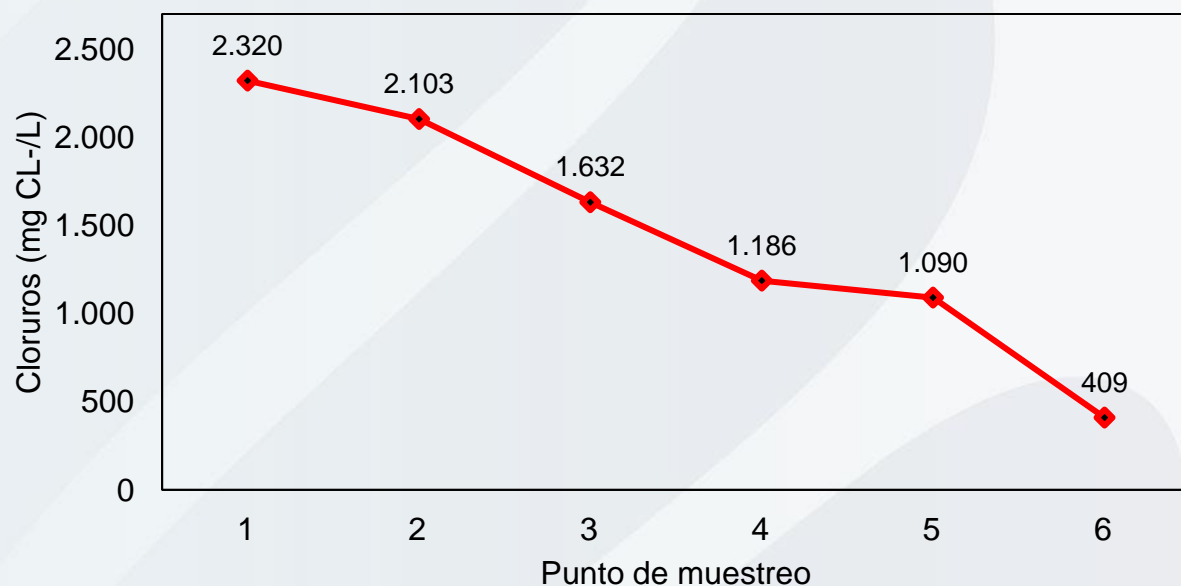


# Funcionalidad del tratamiento (Cl<sup>-</sup>)



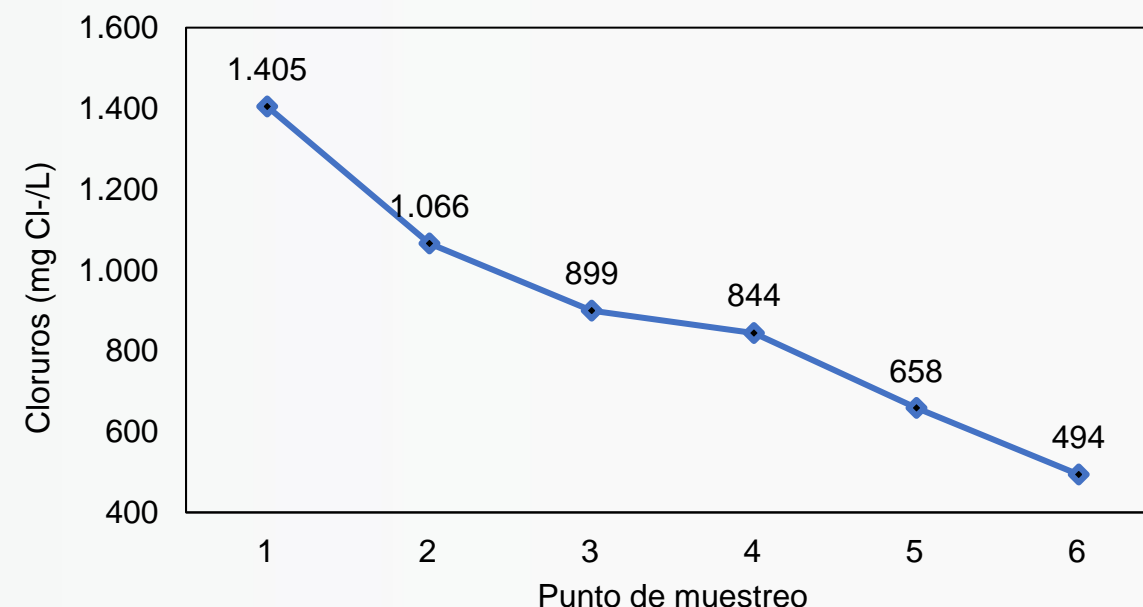
XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023

### Concentración Cl<sup>-</sup> semestre I



**Figura 11.** Comportamiento de la concentración de cloruros en 6 puntos del STAR de Alianza del Humea S.A.S – Primer semestre 2023.

### Concentración Cl<sup>-</sup> semestre II



**Figura 12.** Comportamiento de la concentración de cloruros en 6 puntos del STAR de Alianza del Humea S.A.S – Segundo semestre 2023.

# Área de canales vs capacidad de prensado

Alianza del Humea cuenta con un área disponible en canales de sedimentación 3.600 m<sup>2</sup>. Sin embargo, se disponen para el uso del “humedal artificial” 5 canales con buchón de agua. Es decir, se estima un área de uso 1.500 m<sup>2</sup> lo que corresponde a 33,3 m<sup>2</sup>/t RFF en capacidad de prensado.

**Tabla 5.** Dimensiones de los canales de sedimentación.

Área de canales de sedimentación	Capacidad de prensado
3.600 m <sup>2</sup>	45 ton/h
Área disponible	80 m <sup>2</sup> /t RFF



**Foto:** Alianza del Humea S.A.S, Construcción de los canales de sedimentación

## 5

## Costos del tratamiento



**Tabla 6.** Costos de operación y mantenimiento del humedal artificial.

<b>Costo/Semestre</b>	<b>Periodicidad Producción alta</b>	<b>Periodicidad Producción baja</b>
Poda mecánica	\$ 495.600	\$ 354.000
Recurso humano	\$ 8.031.240	\$ 4.015.600
Equipos de bombeo	\$ 3.400.000	\$ 1.870.000
Costo energético	\$ 1.201.680	\$ 445.280
Costo/Tipo de producción	\$ 13.128.520	\$ 6.684.880



# 6

## Conclusiones



XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023

El seguimiento realizado a los humedales artificiales permitió reafirmar que este tipo de tratamiento terciario es una buena **alternativa** para lograr una **remoción representativa** de los **cloruros**, permitiendo que Alianza del Humea SAS **cumpla con la normatividad ambiental vigente**.

Además, la implementación de los buchones de agua permitió **complementar** el tratamiento del POME, logrando una remoción importante para parámetros como DQO, SST, SSED, y fósforo.

# 7

## Referencias



XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE  
2023

- Bernal, V., & Inés, C. (2004). Tratamiento de los residuos líquidos del área de tinturados en flores de exportación con Eichhornia crassipes (Buchón de Agua). Revista lasallista de investigación.
- Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite., C, Gonzalez-Diaz, A, Rodríguez V., N, García-Núñez, J, Ruiz Á., E, Acero H., J y Reyes A., W. (2022-10-28.). Humedales artificiales como alternativa para el tratamiento terciario de efluentes de planta de beneficio de palma de aceite. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.. <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/141561>.
- Llagas Chafloque, W., & Guadalupe Gómez, E. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas, 9(17), 85–96. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v9i17.699>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1984). Decreto 1594 de 1984.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 631 de 2015.
- Rodríguez J., Gómez E., Garavito L., López F. (2009). Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales. Universidad Manuela Beltrán, Colombia.
- Silva R., Á y Zamora Z., H. (2005). Humedales artificiales.



**XVIII  
REUNIÓN TÉCNICA  
NACIONAL  
DE PALMA DE ACEITE**

2023



**ALIANZA  
DEL HUMEA**

**Gracias**

